

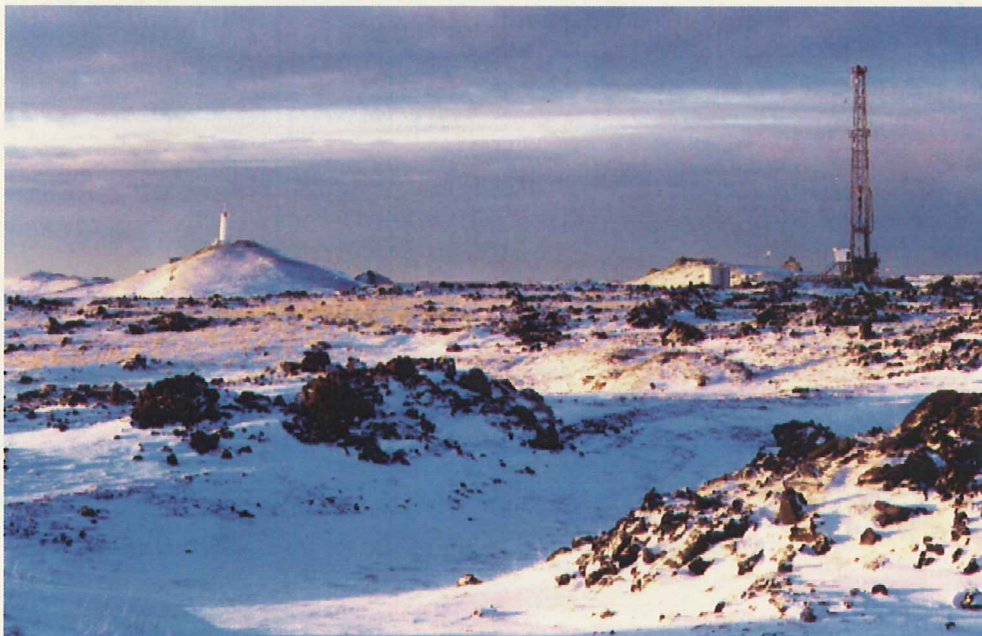


ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

Reykjanes, hola RN-10

**Borun og rannsóknir
Lokaskýrsla**



Hjalti Franzson, Sigvaldi Thordarson, Grímur Björnsson, Steinar Þór Guðlaugsson, Bjarni Richter, Guðmundur Ómar Friðleifsson, Sverrir Þórhallsson

Unnið fyrir Hitaveita Suðurnesja

2002

OS-2001/066



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Verknr.: 8-630365

**Hjalti Franzson, Sigvaldi Thordarson,
Grímur Björnsson, Steinar Þór Guðlaugsson,
Bjarni Richter, Guðmundur Ómar Friðleifsson,
Sverrir Þórhallsson**

Reykjanes – Hóla RN-10 Borun og rannsóknir

Lokaskýrsla

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-2001/066

Nóvember 2002

ISBN 9979-68-109-8

ORKUSTOFNUN – RANNSÓKNASVIÐ

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. – Sími: 569 6000 – Fax: 568 8896

Akureyri: Háskólinn á Akureyri, Sólborg v. Norðurlóð, 600 Ak.

Sími: 463 0559 – Fax: 463 0560

Netfang: os@os.is – Veffang: <http://www.os.is>



Skýrsla nr.: OS-2001/066	Dags.: Nóvember 2002	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: REYKJANES – HOLA RN-10 Borun og rannsóknir Lokaskýrsla	Upplag: 40	
	Fjöldi síðna: 144	
Höfundar: Hjalti Franzson, Sigvaldi Thordarson, Grímur Björnsson, Steinar Þór Guðlaugsson, Bjarni Richter, Guðmundur Ómar Friðleifsson, Sverrir Þórhallsson	Verkefnisstjóri: Sverrir Þórhallsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Borun háhitaholu, lokaskýrsla	Verknúmer: 8-630365	
Unnið fyrir: Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í skýrsumni er heildarsamantekt um borun holu RN-10 á Reykjanesi og niðurstöður rannsókna á holunni í og eftir borun hennar. Holan er rannsóknarhola, en hönnuð sem vinnsluhola, boruð í þeim tilgangi að kanna jarðhitakerfið til norðvesturs frá núverandi borsvæði. Holan er 2054 m djúp, og því dýpsta hola HS. Jarðlög einkennast af bólstra-bergi, túffi og setlögum og lýsa upphleðslu á gosbelti undir sjávarmáli. Samanburður á jarðfræði og lekastöðum benda til að vatnsæðar tengist sprungum við jaðra basaltinnskota. Vatnsgæfustu æðarnar í holunni eru neðan um 1920 m dýpis og tengjast lóðréttri sprungu. Ummyndun og mælingar á borholuvökva sýna að holan sker háhitakerfið neðan um 500 m dýpis og þar fyrir neðan fylgir kerfið líklega suðumarkafæri niður á um 1400 m dýpi. Þaðan virðist hiti nokkuð stöðugur við 315–320°C. Borverkið var unnið af Jarðborunum hf. fyrir Hitaveitu Suðurnesja, en Rannsóknasvið OS sá um rannsóknarþáttinn.		
Lykilorð: Háhitasvæði, borhola, jarðlög, ummyndun, Jarðhitakerfi, mælingar, Reykjanes	ISBN-númer: 9979-68-109-8	
	Undirskrift verkefnisstjóra:	
	Yfirfarið af: SP, PI	

EFNISYFIRLIT

1.	INNGANGUR	7
2.	ÁGRIP BORSÖGU	8
3.	JARÐLÖG	12
3.1.	Upphleðslueiningar.....	12
3.2.	Innskot	18
4.	UMMYNDUN	25
4.1.	Bergummyndun	25
4.2.	Útfellingar í holrými	26
4.3.	Dreifing ummyndunarsteinda	31
4.4.	Ummyndunarbelti og samanburður við mat á núverandi berghita	38
4.5.	Tímavensl útfellinga	38
4.6.	Niðurstöður mælinga í vökvabólum	40
5.	EÐLISÁSTAND JARÐHITAKERFISINS	43
5.1.	Staðsetning vatnsæða.....	43
6.	BORHOLUMÆLINGAR.....	48
6.1.	Upphafshiti og –þrýstingur.....	53
6.2.	Þrepaprófun holu RN-10.....	57
7.	UMRÆÐA	62
7.1.	Einkenni jarðlagastaflans.....	62
7.2.	Einkenni ummyndunar.....	64
8.	SAMANTEKT OG HELSTU NIÐURSTÖÐUR	65
9.	HEIMILDIR.....	66
	VIÐAUKI 1. Dagskýrslur.....	67
	VIÐAUKI 2. Jarðfræðigögn	141
	VIÐAUKI 3. Yfirlit um borholumælingar í 1.–3. áfanga borunar RN-10.....	143

TÖFLUR

Tafla 1.	<i>Hola RN-10. Hallamælingar og reiknuð mesta lárétta hliðrun holunnar.</i>	9
Tafla 2.	<i>Skipting jarðlaga í myndanir.</i>	12
Tafla 3.	<i>Ummyndun glers og ólivíns.</i>	27
Tafla 4.	<i>Ummyndun á plagióklas og pýroxen.</i>	28
Tafla 5.	<i>Ummyndun á málm, fylling holrýmis á grundvelli þunnsneiða- og svarf-greininga.</i>	29
Tafla 6.	<i>Yfirlit yfir háhitamælingar í holu RN-10.</i>	48
Tafla 7.	<i>Gildi berghita og upphafsþrýstings í holu RN-10.</i>	56
Tafla 8.	<i>Eiginleikar geymslíkana sem herma þrepapróf holu RN-10.</i>	59

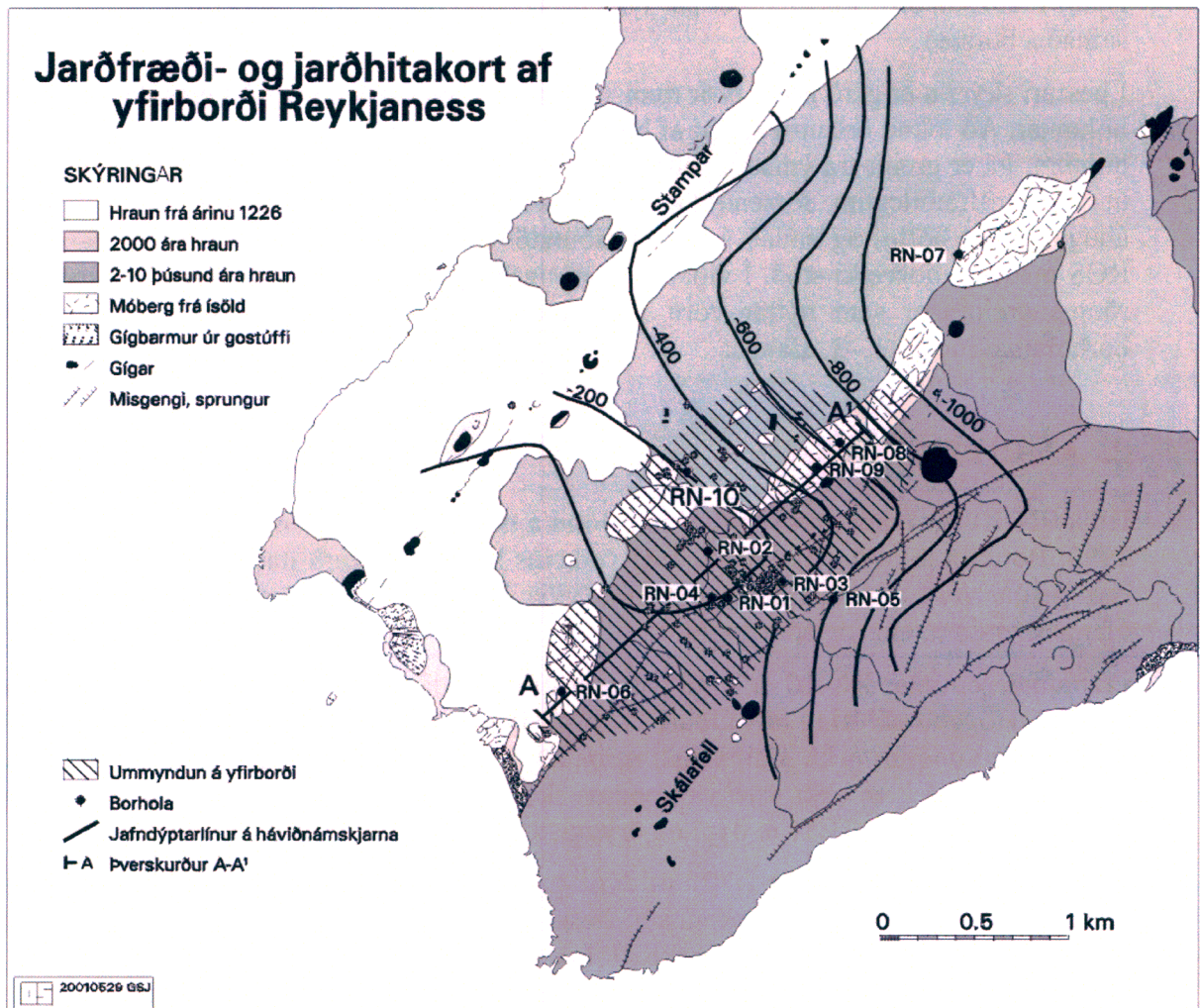
Tafla 9. Vatnsleiðni og margfeldi lektar og þykktar í RN-10 út frá 4 aðferðum forðafræðinnar.	60
--	----

MYNDIR

Mynd 1. Staðsetning holu RN-10 ásamt helstu yfirborðseinkennum jarðhitasvæðisins á Reykjanesi.	7
Mynd 2. Gangur borunar holu RN-10.	10
Mynd 3. Lokafrágangur holu RN-10. Dýptartölur miðaðar við borholuflans.	11
Mynd 4. Ljósmyndir af brotum af skeldýrum úr setlögum af 634 m dýpi.	15
Mynd 5. RN-10. Jarðlagasnið og mælingar.	19
Mynd 6. Bergummyndun, fylling holrýmis og vatnsæðar.	30
Mynd 7. Dreifing ummyndunarsteinda og ummyndunarbelti.	36
Mynd 8. Afstætt magn pýríts, epidóts, kalsíts, samanburður leirkristöllum og röntgengreininga og svo staðsetning vatnsæða.	37
Mynd 9. Fjöldi steinda í holrými.	39
Mynd 10. Skematísk mynd, sem sýnir afstæðan aldur útfellinga í holrými.	40
Mynd 11. Mælingar á samrunahita í vökvabólum í holu RN-10, og samanburður við ummyndunarhita og suðuferil ferskvatns.	41
Mynd 12. Mæling á bræðslumarki (seltu) (T_m) og samrunahita (T_h) í vökvabólum í holu RN-10.	42
Mynd 13. Staðsetning vatnsæða í holu RN-10.	46
Mynd 14. Samanburður ummyndunarhita, vökvabóluhita og mælds hita.	47
Mynd 15. Hitamælingar niður að 700 m dýpi í RN-10.	49
Mynd 16. Hitamælingar í vinnsluhluta RN-10.	50
Mynd 17. Steypumælingar í 1. og 2. áfanga.	52
Mynd 18. Áætlaður berghiti holu RN-10.	54
Mynd 19. Áætlaður upphafsþrýstingur holu RN-10.	55
Mynd 20. Þrýstingur og hiti á 2000 m dýpi í RN-10 og ádæling á holutoppinn.	57
Mynd 21. Samræmi mældra og reiknaðra gilda í þrepaprófi holu RN-10.	59
Mynd 22. Þrýstijöfnun holu RN-10 í lok þrepaprófs sem fall af lógariþma tímans.	61
Mynd 23. Þrýstijöfnun holu RN-10 í lok þrepaprófs sem fall af lógariþma Horner tíma, þ.e. tíminn sem er liðinn frá því að 64 l/s þrepið hófst, deilt með tímanum sem er liðinn frá því að þrepinu lauk.	61
Mynd 24. Möguleg þróun á jarðlagastafla háhitasvæðisins á Reykjanesi. Sjá texta til frekari skýringa.	63

1. INNGANGUR

Hola RN-10 er boruð við vesturmörk yfirborðsummerkja háhitasvæðisins á Reykjanesi. Holunni var valinn staður með það að markmiði að kanna háhitakerfið til vesturs frá núverandi borsvæði. Staðsetningin ásamt yfirborðsjarðfræði svæðisins er sýnd á mynd 1. Þar er einnig sýnd lega háviðnámskjarna jarðhitakerfisins eins og hann kemur fram í viðnámsmælingum (Ragna Karlsdóttir 1998). Holan er með víðum fóðringum, sömu gerðar og í háhitaholum sem boraðar hafa verið í Svartsengi (Sverrir Þórhallsson 1997).



Mynd 1. Staðsetning holu RN-10 ásamt helstu yfirborðseinkennum jarðhitasvæðisins á Reykjanesi.

Borun holunnar tók alls 66 verkdaga. Hún náði 2054 m dýpt og varð þar með dýpsta holan á þessu háhitasvæði. Frumgögn um borunina og rannsóknir á holunni eru geymd hjá Jarðborunum hf. og Rannsóknasviði Orkustofnunar eftir því hver þau eru. Jarðboranir

halda utanum borskýrslur og fóðringaskýrslur. Þær fyrrnefndu er að finna innbundnar í árbækur merktar Jötni, en fóðringaskýrslur eru geymdar í sérstökum möppum. Hjá Orkustofnun eru svarfsýni og borholumælingar varðveitt. Svarfsýnin eru í dósnum merktum holunni og því dýpi sem sýnin eru af. Millistig í úrvinnslu jarðfræðigagna má finna í möppu merktri holunni, og er mappa í vörslu jarðfræðisviðs ROS. Þunnsneiðar eru geymdar í sérstakri þunnsneiðageymslu sama sviðs. Röntgengreiningar og túlkun þeirra eru geymd í gagnagrunni röntgenstofu jarðfræðisviðs. Allar borholumælingar úr holu RN-10 eru nú aðgengilegar í Oracle-gagnagrunni ROS. Gögn um þrepaðælingu, upphleypingu og blástur, ásamt gögnum um efnasamsetningu borholuvökvans eru geymd í gagnasafni Rannsóknasviðs. Dagskýrslur voru gefnar út meðan á borun stóð og auk þess hafa verið gefnar út tvær áfangaskýrslur um borun holunnar (Guðmundur Ó. Friðleifsson o.fl. 1999; Hjalti Franzson o.fl. 1999), og er þar lýst nánar borverkinu sjálfu og þeim gögnum sem var safnað á borstað.

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir rannsóknum sem gerðar hafa verið í tengslum við borun holunnar. Að loknu örstuttu ágripi af borsögu er lýst greiningu og mælingum á jarðlögum í holunni. Þá er greint frá ýmsum þáttum ummyndunar, og síðan lýst einkennum vatnslektar út frá jarðfræðilegum forsendum. Þá er sérstakur umræðukaflí um þau gögn sem áhugaverðust þóttu, og endað á helstu niðurstöðum. Í viðaukum 1 eru birtar dagskýrslur ROS meðan á borverki stóð. Í viðauka 2 eru jarðfræðigögn, þ.e. listar yfir þunnsneiðar og röntgengreiningar sem nýttar voru við jarðfræðiúrvinnslu, og í viðauka 3 yfirlit yfir borholumælingar í 1.–3. áfanga.

2. ÁGRIP BORSÖGU

Hola RN-10 var boruð með jarðbornum Jötni á tímabilinu 6. desember 1998 til 26. febrúar 1999. Borunin tók 66 verkdaga. Gangi verksins hafa verið gerð ítarleg skil í dagskýrslum sem gerðar voru á meðan á verkinu stóð (viðauki 1), og hefur einnig verið lýst í tveimur áfangaskýrslum, eins og áður sagði.

Framvinda borunar RN-10 er sýnd á mynd 2, og endanleg teikning af holunni er sýnd á mynd 3. Höggborsfóðring nær niðuri 71 m, en fyrir öryggisfóðringu boraði Jötunn í 260 m dýpi. Sú leðjuborun gekk áfallalaust, nema að á rúmlega 90 m dýpi varð skoltap og hrun sem steypa varð í, en ekki varð vart neinna skoltapa þaðan og niður á 260 m dýpi. Fóðrað var með 18⁵/₈" rörum í 251 m dýpi og öryggisfóðring steppt upp í einum áfanga.

Borun fyrir vinnslufóðringu í 701 m dýpi gekk vel, nema að tvisvar stöðvaðist hún um stundarsakir vegna bilunar í rafbúnaði. Þessi áfangi var boraður með leðju og ekki varð vart við nein skoltöp í þeirri borun. Í lok áfangans var hitamælt í stöngum áður en borstrengur var tekinn úr holu. Hitamæling eftir upptekt sýndi að holan hitnaði tiltölulega hratt upp, enda ekki unnt að kæla hana með ádælingu frá yfirborði vegna þess hve þétt hún var. Við víddamælingu kom einnig í ljós þrenging í holunni á 520–540 m dýpi, sem líklega myndaðist vegna gelköku sem lagðist þar á holuvegginn. Var borkróna sett niður og holan hreinsuð áður en fóðrað var. Fóðurrörsendinn náði niður á um 691 m dýpi. Fóðringin var steppt í einum áfanga, að viðbætti smásteypingu eftir að steypuborð seig. Samtals fóru rúm 150 tonn af sementi í steypingu beggja fóðringa auk 20–30 tonna sem fóru í að steypa í leka efst í holunni.

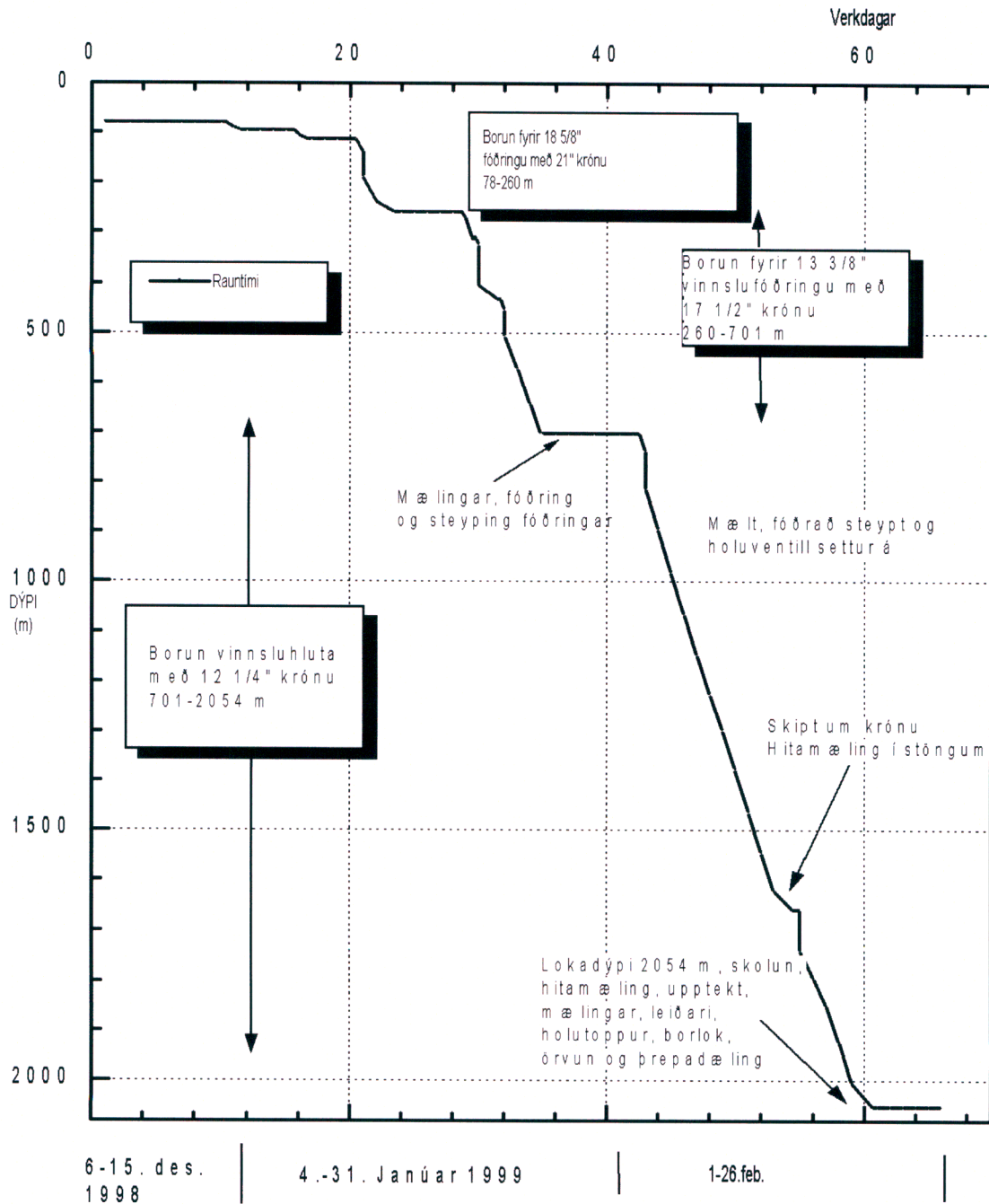
Borun vinnsluhluta holunnar hófst 2. febrúar á 42. verkdegi og honum lauk 26. febrúar á 66. verkdegi. Lokadýpi holunnar varð 2054 m. Borun þessa áfanga gekk vel og urðu ekki neinar tafir nema að skipta varð um borkrónu þegar holan var orðin 1658 m djúp. Er holan hafði náð 2054 m dýpi var ákveðið að hætta borun þar sem árangur var talinn orðinn góður, enda höfðu skoltöp aukist mjög neðan 1930 m dýpis. Holan var skoluð í 2 klst til að hreinsa svarf og kæla/örva hana. Teknir voru 3 standar úr borstrengnum og hitamælt í stöngum. Holan reyndist mjög vel opin og stærsta æðin nærri botni, og jafnframt ljóst að unnt væri að halda henni kaldri og örva án borstrengs í holu. Borstengur var því tekinn upp, hita- og jarðlagamælingar gerðar, og síðan var settur 9⁵/₈" leiðari í holuna. Botn leiðarans er á 2029 m dýpi og upphengja í 663 m dýpi. Að lokum var holan þrepaðeld, og sýndi sú mæling að holan væri mjög vatnsgæf, eins og nánar er lýst í kafla 6.2. Var sú dæling gerð eftir að Jötunn var fluttur af holunni.

Hallamælingar voru gerðar með reglubundnu millibili og eru mæliniðurstöður ásamt láréttri hliðrun og raundýpi sýndar í töflu 1.

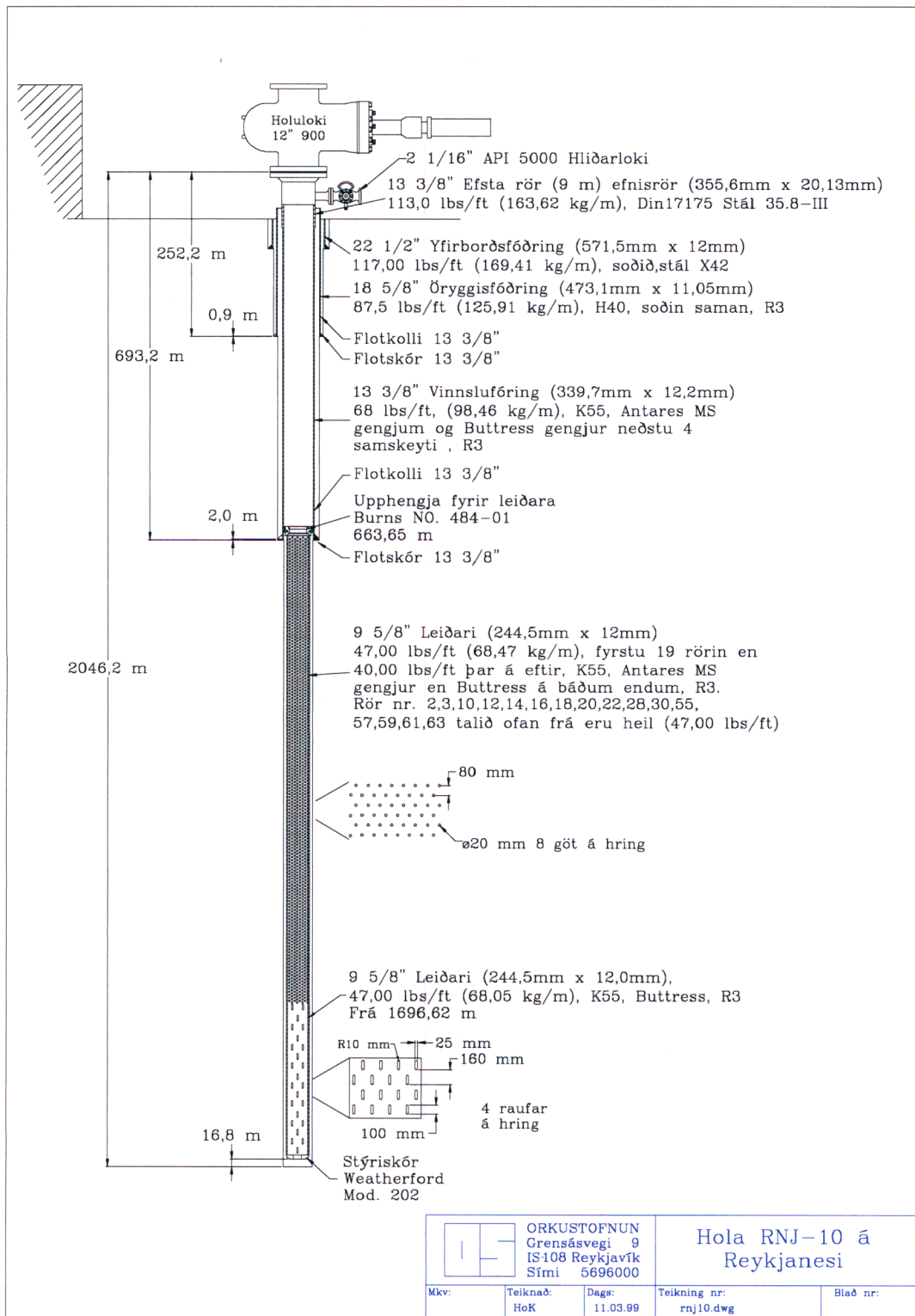
Bormenn mældu skoltöp á um 4 klst. fresti meðan á borun stóð, og ergerð grein fyrir niðurstöðum mælinganna í áfangaskýrslum, sbr.inngangskafla skýrslunnar. Taka skal fram að skoltap í leðjuborun er alla jafnan mun minna en þegar borað er með vatni, þar sem leðjan stíflar yfirleitt smærri lekastaði. Borleðja var notuð við borun fyrir öryggis- og vinnslufóðringu, en vatn í vinnsluhluta holunnar.

Tafla 1. *Hola RN-10. Hallamælingar og reiknuð mesta lárétta hliðrun holunnar.*

Dýpi holu (m)	Mældýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)
250	200	0,8	1,4
485	400	1	4,54
640	600	3	11,52
826	800	2,6	21,29
932	900	2,1	25,39
1040	1000	1,8	28,79
1140	1100	2	32,1
1235	1200	1,3	34,98
1340	1300	1,8	37,69
1530	1500	1,3	42,23
2054	1750	2	50,95
2054	2000	2,5	61,85



Mynd 2. Gangur borunar holu RN-10.



Mynd 3. Lokafrágangur holu RN-10. Dýptartölur miðaðar við borholuflans.

3. JARÐLÖG

Jarðlög eru greind út frá svarfsýnum, sem tekin eru á 2ja m bili í borun. Jarðlagamælingar (vídd, nifteindir og viðnám) veita einnig góðan stuðning í jarðlagatúlkun. Tilgangur jarðlagagreiningarinnar er margþættur. Í fyrsta lagi er lagt mat á hvaða áhrif gerð jarðlaganna hefur á lekt og poruhluta í jarðhitakerfinu. Í öðru lagi er leitast við að afmarka misgengi í berggrunninum út frá jarðlögum. Í þriðja lagi er rýnt í jarðsöguna eftir eðli jarðlaganna, en slíkar upplýsingar geta meðal annars gefið vísbendingar um við hvernig aðstæður jarðlögin hafa hlaðist upp og mögulegan aldur jarðhitakerfisins.

Kaflanum um jarðlög í holunni er skipt upp í tvo hluta; í þeim fyrri er gerð grein fyrir þeim gos- og setbergsmyndunum sem holan sker, en innskotsbergi í þeim seinni (mynd 5).

3.1. Upphleðslueiningar

Sýni af borsvarfi voru greind samtímis því sem borað var. Upplýsingar sem þannig fengust á borstað voru m.a. nýttar við mat á gerð hrungjarnra jarðlaga, vatnsæða, og líklegu hitaástandi í jarðhitageyminum. Nánari úrvinnsla og rannsókn á borsvarfinu var gerð síðar í Reykjavík, þar sem m.a. var stuðst við þunnsneiðaathuganir og jarðlagamælingar. Jarðlögum holunnar er skipt í jarðlagasyrpur, sem síðan eru felldar inn í líkangerð af jarðhitasvæðinu í næsta nágrenni holunnar, og nýtast síðan enn frekar við líkangerð af jarðhitakerfinu í heild með samanburði við jarðlagagreiningar annarra holna á svæðinu. Jarðlögin eru sýnd á mynd 5. Dýptartölur eru miðaðar við drifborð Jötuns, sem er 6,7 m ofan við holuflans.

Tafla 2. Skipting jarðlaga í myndanir.

Númer myndunar	Jarðgerð	Dýptarbil (m)
1	STAMPAHRAUN	“7”–22
2	Dílótt móberg/hraunlagasyrpa	22– ca. 47
3	Plagióklas-/ólivíndílótt hraunlög/móberg	47–112
4	Dílalaust móberg	112–140
5	Plagióklasdílótt móberg	140–310
6	“Pikrít”hraunlög	310–348
7	Móberg	348–450
8	Móbergssett	450–686
9	Móberg	686–818
10	Setlög	818–962
11	Bólstraberg	962–1050
12	Móbergstúff	1050–1206
13	“Bólstraberg/hraunlög”	1206–1276
14	“Bólstraberg/hraunlög”	1276–1412
15	Móbergstúff	1412–1464
16	Bólstraberg	1464–1564
17	“Bólstraberg/hraunlög”	1564–1736
18	“Bólstraberg/hraunlög”	1736–“1946”
19	Bólstraberg og breksiur	1946–2054

1. *Stampahraun. "7"-ca. 22 m.* Hraunlagið, sem er um 15 m þykkt, er fremur fínkorna og jafnkorna basalt af líklegri þóleiðtsamsetningu. Botn lagsins er líklega á um 20 m dýpi þar sem síðasta sýnið, sem upp kom, var orðið mun fínkornaðra og glerkenndara.
2. *Hraunlög 22-ca. 47 m.* Á ca. þessu dýptarbili greindust eitt þunnt plagióklas/ólivíndílótt basalt og tvö ólivíndílótt hraunlög af líklegri pikrít samsetningu. Rúmlega tveggja metra þykkt afar útfellingaríkt setlag liggur á milli efsta lagsins og þess næsta, sem ýtir undir þá túlkun að um tvö aðskilin gos sé að ræða.
3. *Hraunlög/móberg 47 (80)-112 m.* Jarðlagaskipun er ekki ljós á milli 47 og 80 m þar sem ekkert borsvarf kom upp vegna skoltaps. Þar neðan við koma ein þrjú meðalgrófkristölluð basaltlög sem líklegast eru hraunlög. Milli þeirra eru breksíur og setlegt túff úr samskonar basalti. Bergið er plagióklas/ólivíndílótt og er líklega pikrít. Túlka má jarðlagastaflann þannig að hann sé afleiðing eldgoss í strandumhverfi þar sem túffið er gjóskuhluti gossins og breksían eins konar bólstrakennd breksía sem myndast er hraun rennur út í sjó (skálaga breksía), og kristallaða basalt hraunið þar sem runnið hefur ofan sjávarmáls. Áberandi lækkun kemur fram á viðnámi við neðra borð myndunarinnar á 112 m dýpi.
4. *Móberg 112-140 m.* Þetta 20 m þykka túff er dílalaust, og því ólíkt berginu fyrir ofan og neðan. Bergið er líklega af ólivín-þóleiðt samsetningu, sem sést af tiltölulega grófri kristöllum. Ummyndun snarjókst í þessu lagi, sem gæti bent til meiri lektar.
5. *Móberg 140-310 m.* Bergið er ráðandi móbergstúff. Það er af ólivín-þóleiðt samsetningu og er áberandi plagióklasdílótt. Einnig sjást á stangli flöskugrænir dílar af pýroxen og svo vottar fyrir ólivíni á stöku stað. Dílasérkennið gefur væntingar um að móbergið geti reynst gott leiðarlag til að tengja á milli einstakra holna. Ummyndun glersins er fremur mikil efst, en minnkar niður í 180 m þar sem hún eykst á ný. Ummyndun minnkar svo aftur í neðstu 20 m. Ummyndunin er nokkuð í takt við aukin "set"einkenni í túffinu. Þau einkenni lýsa sér í að glerkornin þakast líkt og sjá má í setlögum, en þegar slíkt er skoðað í bergfræðismásjá sést að þau sitja í myndlausum millimassa, en það síðarnefnda er vatnað gler og hefur verið tengt við palagónitísingingu (gel-palagonít). Orsök breytilegrar vötnunar í móbergsgleri gæti stafað af mismunandi blöndun bergs og vatns á góstíma. Orðið settúff er líklegast rangnefni, og væri sennilega betra að kalla það gjóskutúff. Ástæða þess að rætt er um þetta hér er að gera má ráð fyrir að þessi gerð túffs sé fremur þétt jarðmyndun þar sem "gelið" myndar kítta á milli glerkornanna. Nifteinda- og viðnámsmælingar virðast sýna háan poruhluta í slíku bergi, en orsakast líklegast af háu vatnsmagni sem að hluta er bundið í berginu sjálfu og svo í porum bergsins. Vötnunin veldur því að glerið verður mun viðkvæmara fyrir ummyndun en annað gler, og það getur því gefið misvísandi mynd af lekt í berginu. Viðnám er afar lágt (< 2 Ohmm) í móberginu.
6. *Hraunlög 310-348 m.* Á þessu 40 m dýptarbili greindust fjögur fremur grófkorna hraunlög. Þau eru mjög ólivínrík, sem bent gæti til pikrítssamsetningar. Kargi aðskilur einstök hraunlög, nema á um 326 m dýpi þar sem um metra þykkt sandlag kemur inn á milli hraunlaganna. Þrátt fyrir að hraunlögin og karginn séu æði blöðrótt er ummyndunin fremur takmörkuð og útfellingar í blöðrum takmarkaðar.
7. *Móberg 348-450 m.* Bergið er ráðandi túff niður á 428 m dýpi en bólstrakennd breksía þar fyrir neðan. Móbergið er af ólivín-þóleiðt samsetningu, og sá möguleiki er fyrir hendi að um sé að ræða tvær myndanir, þar sem túffið er dílalaust ofan 378 m dýpis, en

þar fyrir neðan ber nokkuð á palgíóklas, ólivín og pýroxen dílum. Ummyndun er athygliverð að því leyti að túffið verður fersklegra neðan um 366 m dýpis, og sjást víða fersk svartleit glerkorn í því. Það getur að hluta til skýrst af því að lítið sést af gel-palagoníti, en einnig að þar hafi leikið minni jarðhiti um bergið. Nokkuð er athyglisvert að þar sem móbergið er tiltölulega ferskast eru anhýdrítútfellingar algengar, en það gæti bent til að þar hafi verið kaldara sjávarinnrennsli.

8. *Móbergsset 450–686 m.* Á þessu dýptarbili eru setlög ráðandi. Þeim er unnt að skipta í 5 hluta.

(i) Túffset 450–556 m

Á 450 m dýpi er borað í gegnum móbergsmyndunina og niður í fingert grænleitt túffset, sem verður ljósdrapplitað með hvítum yrjum neðar. Á 468–476 m dýpi bregður fyrir fremur þéttu basaltlagi sem að öllum líkindum er innskot þar sem bergið er dílótt en grannbergið dílalaust. Annað 4 m þykkt basaltlag kemur inn settúffið á 518–522 m dýpi. Nokkuð er um gleryrjur í basaltlaginu, og er það ef til vill bólstraberg eða hraunlag. Þar neðan við tekur aftur við túffset. Í þunnsneiðum virðist kornagerð í setinu vera afar einsleit og rúnnun korna fremur takmörkuð. Það bendir til mjög staðbundins rofs og setmyndunar úr einni móbergsmyndun. Á 500–518 m dýpi og síðan á um 630 m dýpi finnast kalsítbrot sem reyndust vera skeldýraleifar.

Erfitt er að greina slík brot til dýrategunda, en það var í sumum tilfellum hægt að greina þau til ættkvísla. Á meðal þess sem greindist voru hrúðurkarlar, mosadýr, ígulker, samlokur og kalkrörsormar. Sýnishorn af þessum leifum eru sýnd á mynd 4. Þessar dýraleifar gefa mjög ákveðna vísbendingu um grunnsævi nærri strönd.

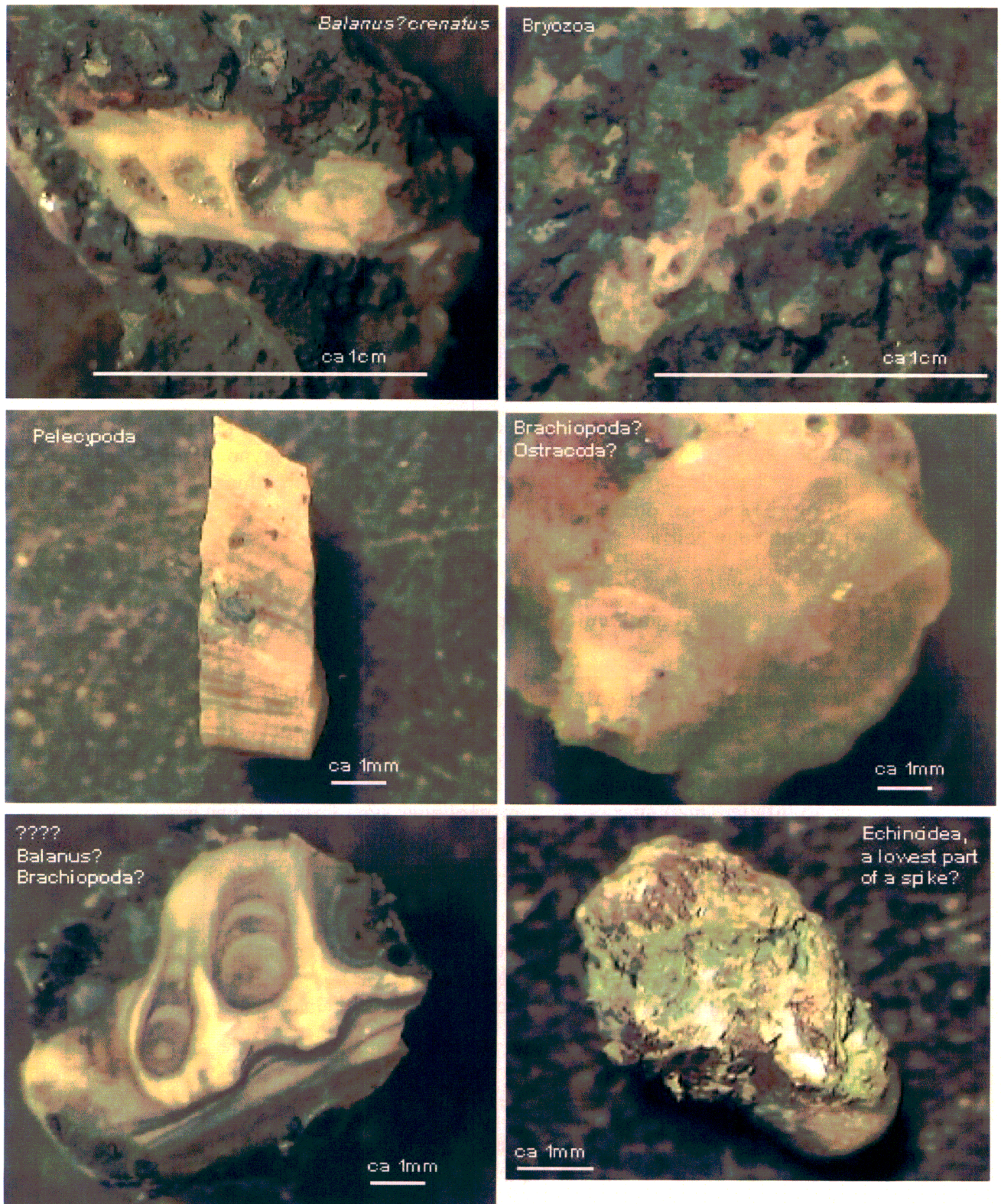
(ii) Dílótt móbergstúff 556–596 m

Túffið hefur þau einkenni að vera áberandi plagíóklasdílótt og setkennt. Ekki er unnt að gera upp á milli þess sem kallast gjóskutúff eða hvort það er lítið tilflutt strandset, þótt það síðarnefnda sé líklegra ef hliðsjón er höfð af setlöggunum fyrir ofan og neðan. Á 574–580 m dýpi er fremur þétt basalt, sem talið er innskot þar sem það er dílalaust basalt en móbergið er dílótt.

(iii) Móbergsset 596–686 m

Í þessu lagi er túffið dílalaust og sker sig frá því sem liggur ofan á. Skeldýraleifar finnast í sýni af 634 m dýpi (sjá mynd 4). Rúnnun setkorna er annað áberandi einkenni í samanburði við lögin fyrir ofan auk þess að blöndun ólíkra jarðlagabrota er meiri, en það bendir til að setmyndunin sé ekki eins staðbundin og fyrir ofan.

Eins og lýsing þessa setlagabunka ber með sér hefur hann myndast við eldgos á grunnsævi nærri strönd. Um það vitnar skeldýraleifarnar og "setkennda" túffið sem líklegast er ættað sem gjóskutúff. Einnig ber meira á rúnnun og misleitni setkorna í neðri hluta setlagabunkans en í þeim efri. Það bendir til að á þeim tíma hafi land verið að rísa úr hafi, úr sjávarumhverfi upp í strandumhverfi. Ummyndun bergsins er einnig athyglisverð, kalsít er afar algengt í berginu, séstaklega í millimassanum. Ekki er ljóst hvort það sé ummyndun á gel-palagonítinu eða hreinar útfellingar, eða hvortveggja.



Mynd 4. Ljósmyndir af brotum af skeldýrum úr setlögum af 634 m dýpi.

9. *Móbergsmýndun 686–818 m.* Bergmyndunin er tvískipt; niður að 786 m er bergið blanda af bólstrabergi, bólstrabreksíu og þunnum túfflögum. Neðan þess er um 28 m þykkt túffríkt móbergslag. Berggerðin er ólivín-þóleítt.

10. *Setlagasyrpa 818–962 m.* Þessari syrpu er skipt í fjóra hluta sem ýmist er dílalaust eða plagióklas dílótt. Sé það gert kemur út nokkuð lýsandi mynd af uppruna og aðstæðum sem þessi syrpa verður til við.

(i) Dílótt berg 818–837 m.

Bergið er allt plagióklasdílótt, sem bendir til að það tilheyri einni gosmyndun. Efst er um 4 m þykkt setkennt túff með mögulegum steingervingaleifum efst. Þar neðan við verður túffið fremur siltkennt. Neðstu 8 m eru úr hreinu túffi með litlu gel-palagoníti.

(ii) Dílalaust túff. 837–870 m

Efstu 8 m þessa lags er úr siltkenndu túffi en þar fyrir neðan kemur í mjög gropið móbergstúff með mismiklu gel-palagoníti. Neðstu 4 m myndunarinnar er fremur ferskleg basaltbreksía. Athyglisverðar eru sams konar breytingar í poruhluta innan (i) og (ii) þar sem poruhluti lækkar jafnt og þétt frá efri hluta þessara eininga og niður að botni þeirra.

(iii) Dílótt túff 870–888 m

Túffið er setkennt gjóskutúff og er plagióklasdílótt

(iv) Dílalaust túff 888–923 m

Þessu dýptarbili er skipt í 4 hluta; efst er um 8 m setkennt gjóskutúff, síðan 10 m setlag þar sem ægir saman máðum túff- og basaltkornum. Þetta er eina lagið sem sýnir áberandi rúnnun korna. Þar fyrir neðan kemur í siltkennt túff og neðst er um 12 m setkennt túff, þar sem ekki verður vart við neina rúnnun korna. Athyglisvert er að nifteindamælingar og viðnámsmælingar sýna fremur jafnar breytingar úr háu viðnámi og lágum poruhluta yfir í háan poruhluta og lágt við nám. Það gæti bent til að aðstæður við setmyndun breytist jafnt og þétt innan túfflagsins.

(v) Dílótt túff 923–962 m

Þetta lag er þrískipt; efst er sandur, þar sem ægir saman gleri og kristölluðum basaltkornum og virðast kornin nokkuð núin. Næst kemur um 6 m þykkt setkennt túff. Neðsti hlutinn er móbergstúff og er í því lítil seteinkenni, og er nokkuð gropið.

Þessi skipting setlagabunkans bendir til viss hrynjanda í upphleðslu. Í neðri hluta þessara þriggja eininga er gosmóberg í neðri hlutanum en í þeim efri verður bergið setkenndara, og er líklegast sjávarrof úr viðkomandi móbergsmýndun.

11. *Bólstrabergsmýndun 962–1050 m.* Bergið er af ólivín-þóleítt samsetningu, og sjást plagióklasdílar í efstu 25 m þessa dýptarbils, en ekki ber á þeim þar fyrir neðan. Það er að miklum hluta bólstraberg og bólstrabreksía, með votti af móbergstúffi um miðbik myndunarinnar.

12. *Móbergstúff 1050–1206 m.* Bergið er að miklum hluta móbergstúff. Dílar sjást ekki í efri hlutanum en virðist stakdílótt neðan um 1164 m dýpis, sem gæti bent til að um tvær móbergsmýndanir sé að ræða. Á 1090–1106 m dýpi er borað í gegnum fin-

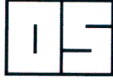
meðalkorna basaltlag af ólivín-þóleiit samsetningu. Virðist fremur þétt en sjá má ef vel er rýnt smá holrými á milli kristalla (intercrystalline porosity). Dílalause tuffið í efri hlutanum er víða finlagskipt og setlegt á að sjá. Neðst í þessari myndun er um 6 m þykkt siltekennt tuffset.

13. *Basalt "bólstraberg/hraunlög" 1206–1276 m.* Unnt er að aðgreina ein átta lög, og var það aðallega grundvallað á breksiúkenndu bergi á lagskilum. Nifteinda-mælingarnar sýna mun fingerðari breytileika með lágum toppum á 2–3 m millibili. Bergið er fingrófkorna ólivín-þóleiit, og töluvert ummynduð. Ekki er unnt á grundvelli svarfgreiningar að gera upp á milli hvort lögin eru bólstraberg eða hraunlög.
14. *Basalt "bólstraberg/hraunlög" 1276–1412 m.* Greinileg skipti verða á basaltgerð þar sem basaltið neðan 1276 m dýpis eru mun fínkornaðra og jafnkorna. Basaltinnskot skermar gosbergið af á 1276–1312 m dýpi. Neðan þess er sérkennilega gulleitt mjög gropið 20 m þykkt tufflag og stafar litur þess líklegast af oxunaráhrifum frá innskotinu. Neðan þess er tæplega 70 m þykkur basaltstafi, sem að líkindum eru fin-meðalgrófkorna hraunlög, líklegast fjögur að tölu. Sérstakt einkenni þeirra er að holrými í berginu er aðeins að þriðjungi fyllt. Neðstu 10 m þessarar myndunar er líkleg bólstrabreksía.
15. *Móbergstúff 1412–1464 m.* Tuffið er nokkuð breytilegt að lit og sumstaðar hlutkristallað. Plagióklasdýlar sjást í því á 1460 m dýpi, en ekki eru til upplýsingar um slíkt ofar. Þótt ummyndun bergsins virðist ekki mikil, miðað við að komið er svo djúpt í jarðhitakerfið, er það mun útfellingaríkara en bergið fyrir ofan. Ummyndun bergsins eykst þó umtalsvert á 1450–1460 m.
16. *Bólstraberg 1464–1564 m.* Þessi myndun er að stórum hluta bólstraberg. Það er dílalaust, sem skilur það frá móberginu fyrir ofan, auk þess sem það virðist vera meira í ætt við þóleiit en ólivín-þóleiit. Tvö (<10 m) setkennd tufflög koma fyrir innan myndunarinnar
17. *Bólstraberg/hraunlög 1564–1736 m.* Basaltið í þessari myndun er stak-plagióklasdílótt ólivínþóleiit. Svo virðist sem í henni séu afmörkuð kristölluð lög aðskilin af misþykkum breksíulögum. Talið er heldur líklegra að um bólstrabergmyndun sé að ræða frekar en hraunlagasyrpu. Er þar helst litið til breksíanna á milli kristölluðu laganna, auk þess sem nifteindamælingin sýnir fremur smáar og krappar sveiflur í poruhluta, sem gæti fremur bent til að einingarnar séu svipaðar að stærð og bólstrar frekar en hraunlög. Efst er um 10 m þykkt setkennt tufflag og við neðri skil þess liggur fremur áberandi vatnsæð.
18. *Basalt "bólstraberg/hraunlög" 1736–"1946" m.* Berglögin á þessu dýptarbili eru að miklum hluta kristölluð basaltlög, og eru mögulega hraunlög. Millilög, utan kargalaga, eru fremur fátíð nema á 1883–1900 m dýpi þar sem tufflag fannst.
19. *Bólstraberg og breksiur 1946–2054 m.* Jarðlagagreining reyndist fremur erfið neðan 1950 m dýpis vegna mikils skoltaps og þar með takmarkaðrar svarfheimtu. Svo virðist sem bergið sé að miklum hluta breksiur og bólstraberg.

3.2. Innskot

Innskot eru fremur fátíð í háhitakerfinu á Reykjanesi samanborið við önnur slík kerfi (t.d. á Nesjavöllum, Svartsengi og Kröflu). Varð vart við allt að 10 innskot í holu RN-10.

1. 468–476 m. Fínkorna, þétt, fersklegt, ólivín-plagióklas stakdílótt basalt. Basaltið er talið innskot að hluta til á grundvelli þess að það er dílótt, en grannbergið, bæði ofan og neðan er dílalaust fersklegt.
2. 574–580 m. Fín-meðalkorna fremur fersklegt basalt. Það er dílalaust, sem sker sig afgerandi frá túffinu fyrir ofan og neðan. Það telst því mjög líklegt að um basaltinnskot sé að ræða.
3. 733–738 m. Bergið er ummyndað, þétt, grófkristallað ólivín-póleiít. Innskotið kemur greinilega fram í jarðlagamælingum, með háu nifteindagildi (lágum poruhluta) og háum viðnámsgildum. Lítil vatnsæð kemur fram rétt ofan efri marka innskotsins.
4. 1110–1114 m. Innskotið er þétt fín-meðalkorna og fersklegra en basaltið ofan og neðan þess. Vottur finnst af hitaummyndun (magnetít og oxun) fyrir allt að 25 m ofan við innskotið. Það bendir til að innskotið liggji nokkuð samsíða holunni, og teljist því vera berggangur.
5. 1150–1160 m. Gögn eu ekki óyggjandi hvort um innskot er að ræða, en basaltið er nokkuð fersklegra en finnst í umhverfi lagsins, meðalkorna og þétt. Bergið sýnir fremur há nifteinda- (lágan poruhluta) og viðnámsgildi. Engin merki finnast um hitaummyndun í tengslum við lagið.
6. 1276–1312 m. Innskotið er tvískipt, það efra nær niður undir 1298 m, en það neðra frá 1300 og niður undir 1312 m dýpi. Jarðlagamælingar sýna mjög svipaðar niðurstöður, fremur slétta bergveggi og há nifteinda- og viðnámsgildi, nema á milli innskotanna þar sem gildin lækka umtalsvert. Mögulega er um tvö samliggjandi innskot að ræða. Hitaummyndun er afar áberandi neðan innskotsins og nær allt niður undir 1430 m dýpi, og bendir sterklega til þess að holan skeri hér nær lóðréttan berggang. Sérkennilegar rauðar oxunaræðar sjást í innskotunum. Bergið í neðra innskotinu er stak-plagióklasdílótt.
7. 1799–1845 m. Bergið er grófkorna þétt póleiít og sýna jarðlagamælingar tiltölulega há nifteinda- og viðnámsgildi. Ummyndun er ekki sjáanlega neitt minni en í basaltlögnum fyrir ofan og neðan. Hitaummyndunar, sem tengst gæti innskotinu, verður vart allt upp í um 1740 m og niður undir 1900 m dýpis, og bendir hún sannfærandi til þess að holan skeri lóðréttan berggang.
8. 1867–1873 m. Á þessu dýpi er mögulegt innskot, en basaltið er þétt og fín-meðalkorna.
9. “1993–1994” m. Skoltap var orðið nokkuð mikið neðan u.þ.b. 1930 m dýpis í holunni, og er jarðlagagreining þess vegna nokkurri óvissu háð. Á þessu dýpi verður vart við slangur af fínkorna þétu og fersklegu basalti, sem er einkennandi fyrir innskot. Ástæða þess að minnst er á þennan fund er að á þessu svæði koma fram helstu æðar í holunni, og því fróðlegt að fá vísbendingar um hvort innskot tengist lektinni.

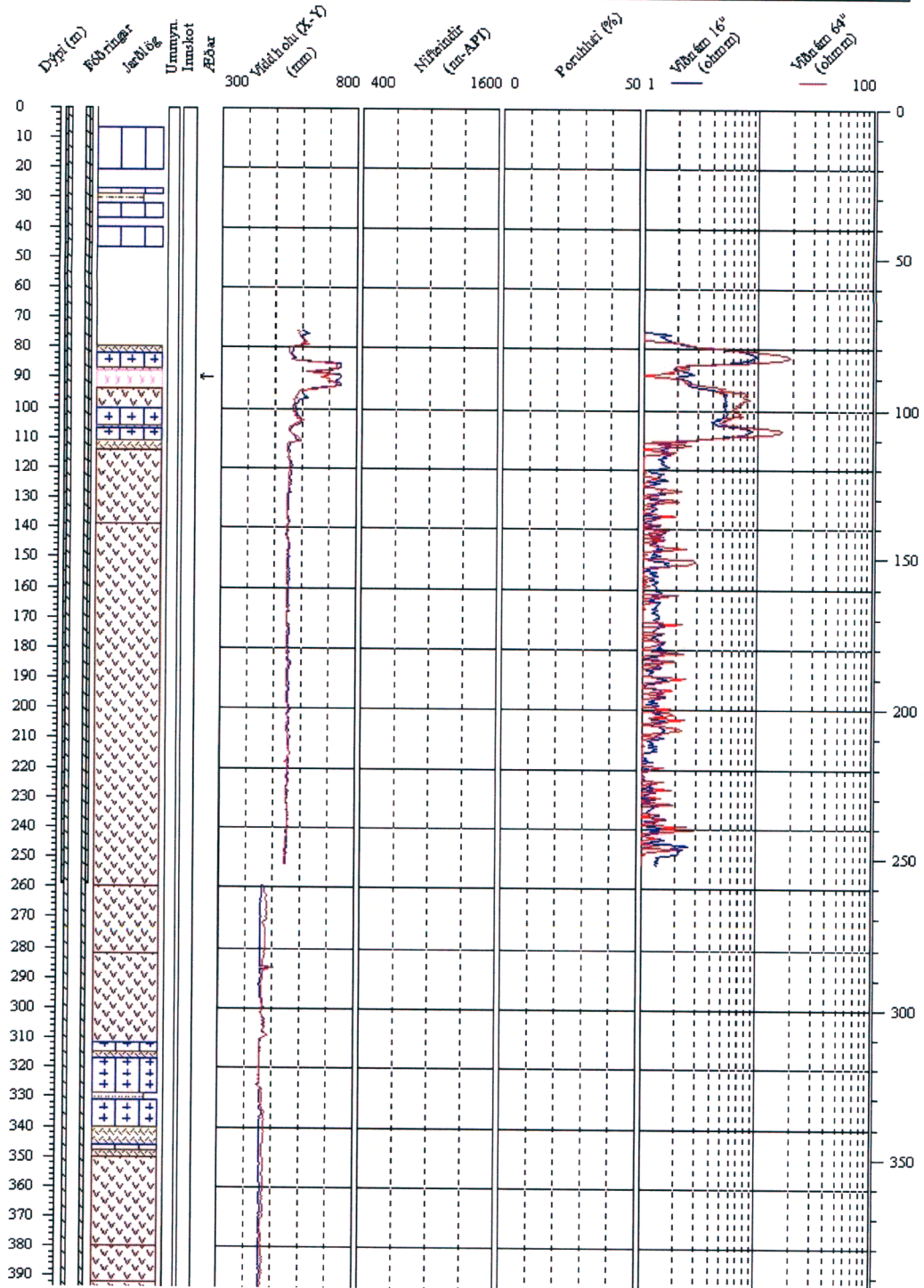


Staður: Reykjanes
Holunúmer: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 0-2054

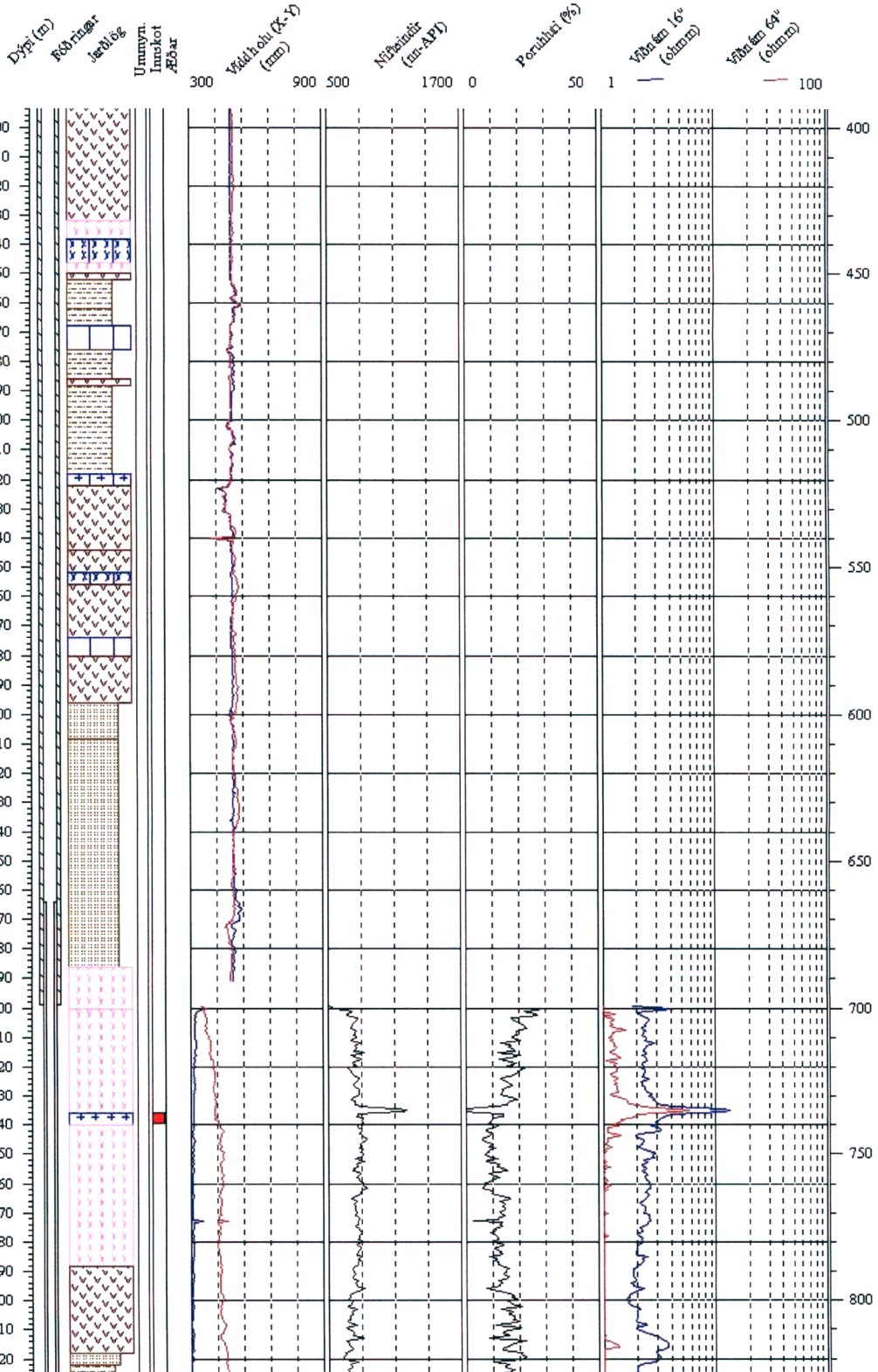
Skolvökví: Gel/Vatn
Verkhluti: Allir

Staðarnúmer: 18910
Starfsmenn: HF, GÓF, GuH, KB, B



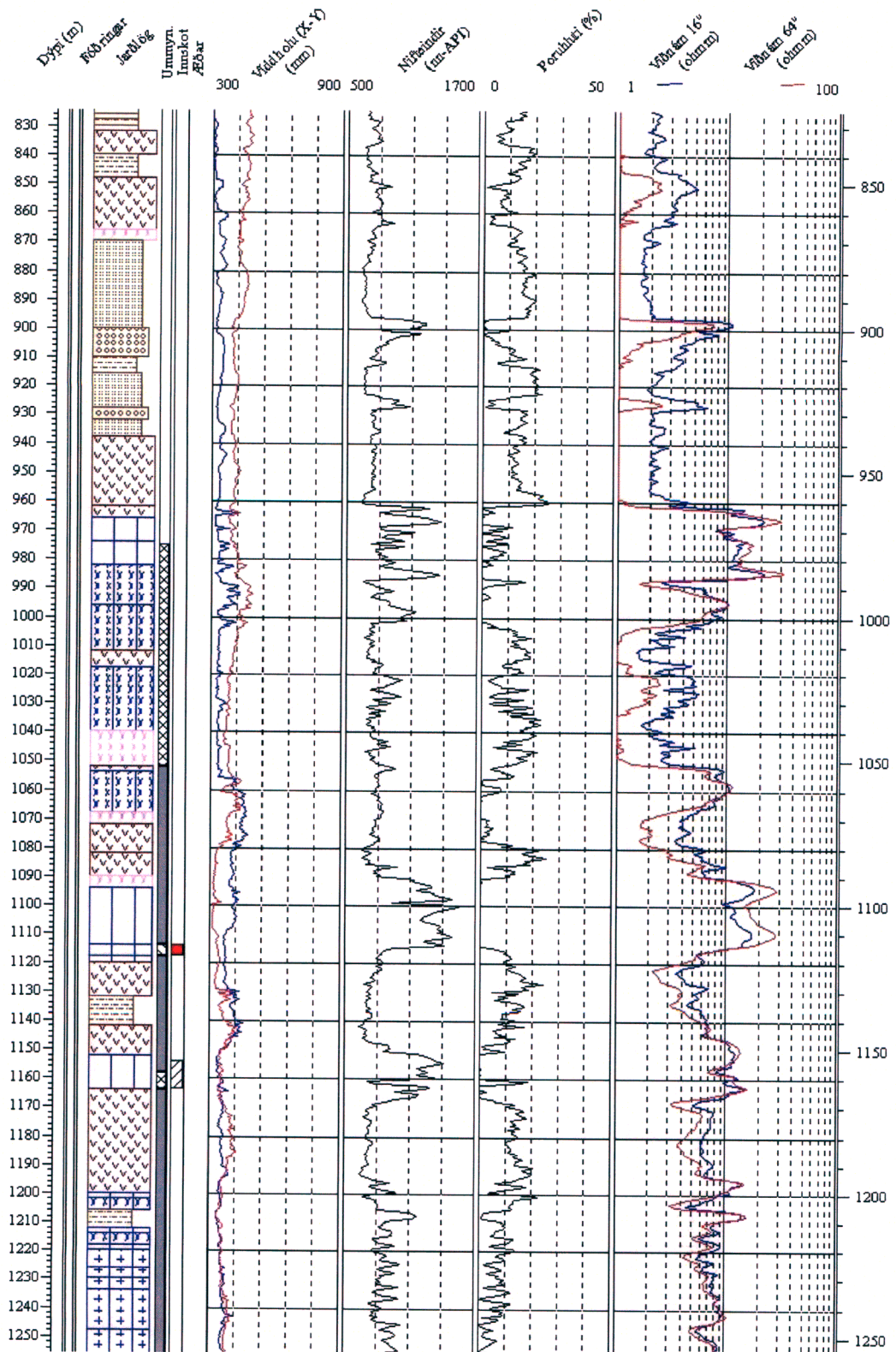
Mynd 5. RN-10. Jarðlagasnið og mælingar. Sjá skýringar á bls. 24.

Jarðlagamælingar RN-10



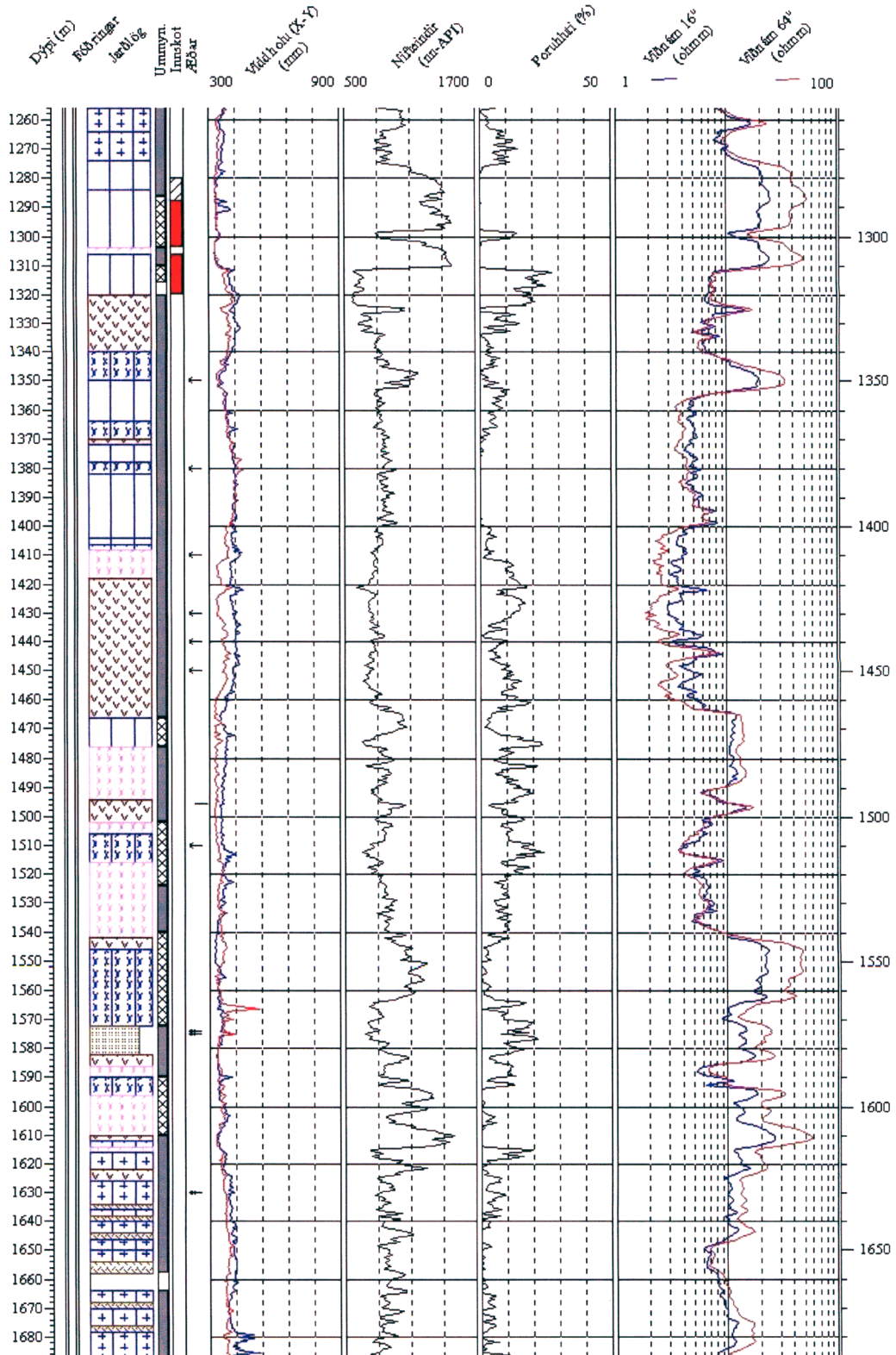
Mynd 5. RN-10. Jarðlagasnið og mælingar, frh.

Jarðlagamælingar RN-10



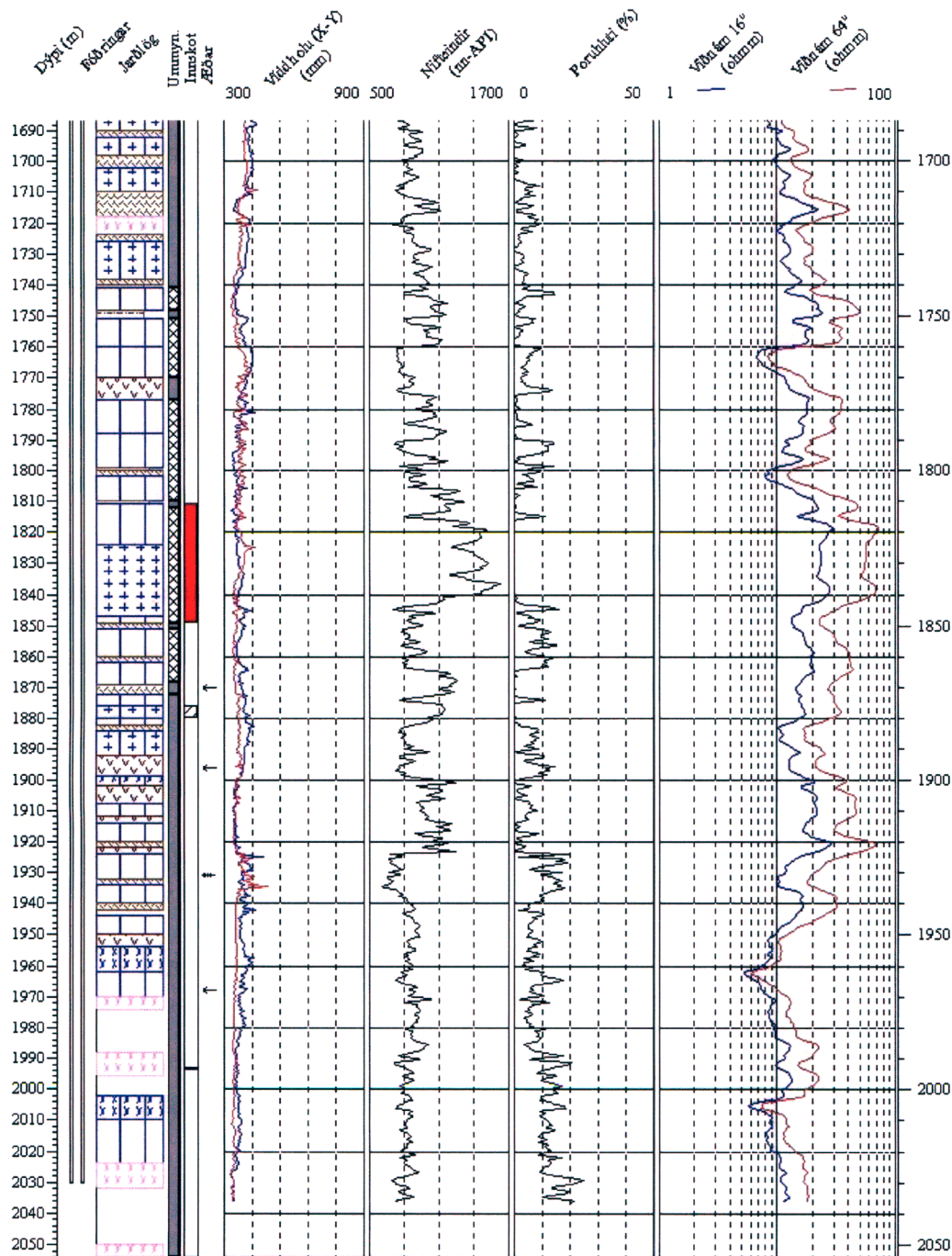
Mynd 5. RN-10. Jarðlagasnið og mælingar, frh.

Jarðlagamælingar RN-10



Mynd 5. RN-10. Jarðlagasnið og mælingar, frh.

Jarðlagamælingar RN-10



Mynd 5. RN-10. Jarðlagasnið og mælingar, frh.

Skýringar við jarðlagasnið og jarðhitaummyndun

Berggerðir

	Hraunlagakargi
	Basalttúff
	Basaltföresía
	Glerjað basalt
	Fín-meðalkorna basalt
	Meðal-grófkorna basalt
	Grófkorna basalt
	Eðjusteinn
	Sandsteinn
	Míl og steinar
	Svarf vantar

Innskot

	Innskot
	Hugsanlegt innskot

Ummyndunarbelti

	Ferskt belti
	Smektit-zeolíta belti
	Blandlagsbelti
	Klórít belti
	Klórít-epidót belti
	Epidót-amfiból belti

Ummyndunarstig

	Engin ummyndun
	Lítill ummyndun
	Meðal ummyndun
	Mikil ummyndun

$\frac{\delta T_m}{m}$ Vatnsæðar

7		Lítill æð
8		Meðal æð
9		Stór æð

$\frac{\delta T_m}{m}$ Greining ummyndunarsteinda

1		Svarfgreining örugg
2		Svarfgreining óviss
3		Þunnsneiðargreining örugg
4		Þunnsneiðargreining óviss
5		Röntngreining örugg
6		Röntngreining óviss

Mynd 5. Skýringar við jarðlagasnið.

4. UMMYNDUN

4.1. Bergummyndun

Á mynd 6 er sýnt mat á ummyndun glers, ólivíns, plagióklasa, pýroxens og málms, sem eru meginhlutar í upprunalegu bergi. Niðurstöðurnar byggja einkum á afstæðu mati í þunnsneiðaskoðun, en einnig var höfð hliðsjón af svarfgreiningu. Auk þessa er einnig sett gróft mat (svarf- og þunnsneiðagreining) á hve mikið porur og aðrar glufur eru fylltar af útfellingum. Í töflum 3, 4 og 5 er síðan sýnt hvaða steindir það eru sem helst koma í stað viðkomandi frumsteinda. Sú tafla er ekki tæmandi.

- **Gler** er algengt í bergi, sérstaklega móbergi. Gler kemur fyrir í tvenns konar formi, vatnað og óvatnað. Það fyrrnefnda tengist aðallega settúffi, gjóskutúffi eða geltúffi, og svo virðist sem slík vötnun eigi sér stað á gostíma þegar kólnandi vatnssósa glersalli úr gjóskumekki rennur niður hlíðar gosstöðvarinnar. Hlutfall bundins vatns í slíku túffi getur verið allt upp undir 10%. Helstu einkenni slíks túffs eru að óvötnuð glerkorn sitja í myndlausum millimassa (vatnaða glerið). Þessar tvær gerðir sýna gjörólíka ummyndunarhegðun, þar sem vatnaða glerið er ofurviðkvæmt fyrir ummyndun. Svo virðist sem það ekki eingöngu ummyndist við hita allt niður undir 50°C, heldur virðist taka mjög sterklega mið af þeim efnum sem eru hvað yfirmettuðust í jarðhitavökvanum á hverjum tíma. Venjubundið óvatnað gler ummyndast mun treglegar. Hluti þess helst ferskt allt niður á rúmlega 500 m dýpi. Á um 7–800 m dýpi virðist ferskt gler koma aftur fram og jafnvel smávegis í einu sýni á um 900 m dýpi. Þetta er óvenjulegt þar sem efri mörk epidóts (um 240°C) byrja á 600 m dýpi. Eins og tafla 4 sýnir þá ummyndast gler að megninu til yfir í leir, en einnig sést það ummyndast í kalsít ofan 550 m dýpis og í zeólíta ofan 250 m dýpis. Í neðri hluta holunnar verður vart við ummyndun þess í spen, albít og epidót.
- **Ólivín** er sjaldséðara en gler og gangapunktur því færri. Það er viðkvæmara fyrir ummyndun en óvatnað gler, og hefur algerlega ummyndast neðan rúmlega 400 m dýpis. Það ummyndast aðallega í iddingsít og leir, sem oft á tíðum er bjartleitur og hápleókróískur. Í neðri hluta holunnar virðist ummyndun ólivíns svipa mjög til bíótíts, en það þarf frekari athugunar við. Einnig vottar fyrir kvars-, amfiból- og epidót-ummyndun.
- **Plagióklas** ummyndast fremur seint. Athyglisvert er þó að sjá tiltölulega mikla ummyndun hans á 200–300 m dýpi yfir í zeólíta, sem aðallega er stilbít/heulandít, og í einu tilviki laumontít. Þarna einskorðast ummyndunin við plagióklasdíla sem oft virðast viðkvæmari fyrir ummyndun en plagióklasinn í grunnmassanum. Ummyndun plagióklasa hefst þó ekki umtalsvert fyrr en komið er niður á tæplega 500 m dýpi. Ummyndunin er yfirleitt undir 20% niður á 1100 m dýpi en. Þar snareykst hún yfir 50% niður á um 1300 m dýpi. Á næstu 200 m minnkar hún á ný niður fyrir 30% en eykst svo aftur neðan um 1500 m og virðist ummyndunin þar yfirleitt vera meiri en 70%. Albít er ráðandi ummyndun á plagióklas, en einnig er ummyndun hans yfir í leir og epidót algeng. Vottur finnst af kalsít-, wollastonít- og sphenummyndun.
- Mat á ummyndun **pýroxens** er fremur erfitt í þunnsneiðaskoðun en er talin áþekkt ummyndun plagióklasa. Fyrstu merki um ummyndun hans er á um 670 m dýpi, og meirihluti hans hefur ummyndast neðan um 1500 m dýpis. Mest ber á leirumyndun

en spen sést einnig ráðast á hann. Athyglisverðasta ummyndunin er þó amfiból (aktínólít), sem kemur fram neðan um 1250 m dýpis og virðist vera til staðar allt niður á botn holunnar.

- **Málmur**, sem í flestum tilvikum er magnetít-ilmenít, byrjar að ummyndast neðan um 700 m dýpis, að langmestu leyti í spen, en einnig er oxun áberandi á 18–1900 m dýpi, en hún er til komin vegna hitaáhrifa frá berggangi sem holan sker á þeim slóðum.

4.2. Útfellingar í holrými

Útfelling í jarðhitakerfi verður þegar vökvi yfirmettast m.t.t. einhverrar steindar. Yfirmettun er almennt séð háð breytingum á hitastigi vökvans, en slíkar hitabreytingar verða hraðastar þegar jarðhitavökvinn flæðir frá einum stað til annars. Útfellingar eru því tengdar lekt, og því gæti mikið magn útfellinga bent til nálægðar við fyrrverandi eða núverandi lekt. Bergummyndun er á sama hátt tengd lekt, þar sem mikið gegnumstreymi hraðar efnahvörfum milli vatns og bergs og þar með ummyndun. Holrými í bergi má skipta í tvær gerðir, annars vegar samtengd holrými sem eykur lekt frá einum stað til annars, og hins vegar einangruð holrými sem leyfa ekki gegnumstreymi. Samkvæmt því sem að ofan segir ættu þau síðarnefndu seint að fyllast af útfellingum og bergummyndun að vera minni. Mat á því hve mikið holrými í berginu hefur fyllst af útfellingum er sýnt í töflu 5 og á mynd 6. Tvennt er það sem vekur athygli í holrými bergsins sem hola RN-10 sker: Það fyrra er að þorur virðast haldast opnar allt niður undir 1500 m dýpi, en í flestum borholum sem boraðar hafa verið í virk háhitakerfi, hafa þær verið að mestu leyti fylltar um það leyti sem komið er niður í blandlagsbeltið (t.d. Hjalti Franzson 1983, 1990). Í sumum tilfellum virðast útfellingar í mjög þoróttum lögum (túffi, breksíum og bólstrabergi) vera af skornum skammti. Í öðru lagi virðist gróf samsvörun vera á milli lítillar ummyndunar og takmarkaðra útfellinga, sem er nokkuð í takt við það sem sagt var hér að ofan.

Á heildina litið virðist bergið, sem hola RN-10 sker, ekki hafa orðið fyrir áberandi áhrifum frá jarðhitakerfinu. Það gæti annars vegar þýtt að þrátt fyrir að jarðhitakerfið hafi náð mesta hita og fylgi suðuferli niður á um 1400 m dýpi, sé það tiltölulega ungt, eða að lekt innan þess takmarkist við tiltölulega afmörkuð belti. Á hinn bóginn gæti þetta einnig merkt að holan sé staðsett á jaðri mesta uppstreymis á svæðinu. Það síðarnefnda er fremur ólíklegt sé tekið mið af viðnámsmælingum.

Tafla 3. Ummyndun glers og ólivíns.

Dýpi (m)	Gler Umm.(%)	Ummyndunarsteindir							Dýpi (m)	Ólivín Umm. (%)	Ummyndunarsteindir			
		leir	cc	zeol	Q	spen	alb	Ep			leir	Q	amf	Ep
26	100	x							26	100	x			
94	100	x							94	70	x			
156	70	x	x						156	80	x			
204	80	x		x					204					
236	80	x	x	x					236	100	x			
274	100								274	100	x			
320	80	x							320	80	x			
378	90	x							378					
420	70	x							420	20				
458	95	x							458					
506	100	x							506					
546	100	x	x		(x)				546					
594									594	100	x			
676	100	x							676	100	x			
712	90								712	100	x			
740									740	100	x			
740	90	x							740	100	x			
780	80	x							780	100	x			
822	95	x							822	100	x			
822	100								822					
840	100								840					
908	90	x							908	100	x			
944	100	x							944	100	x			
984	100								984	100	x	x		
1102									1102	100				
1146	100								1146					
1192	100								1192					
1250									1250	100	x			
1306									1306	100	x			
1328	100	x				(x)			1328					
1328									1328					
1412	100	x							1412					
1478									1478	100	x		(x)	
1546	100	x							1546					
1546	100gel						x	x	1546					
1586	100								1586					
1606	100	x					x		1606					
1606									1606	100	x			x
1626									1626	100				
1678									1678					
1750	100								1750					
1812	100								1812					
1824									1824					
1874	100								1874					
1898	100								1898					
1938									1938					
2054									2054					

Tafla 4. *Ummyndun á plagióklas og pýroxen.*

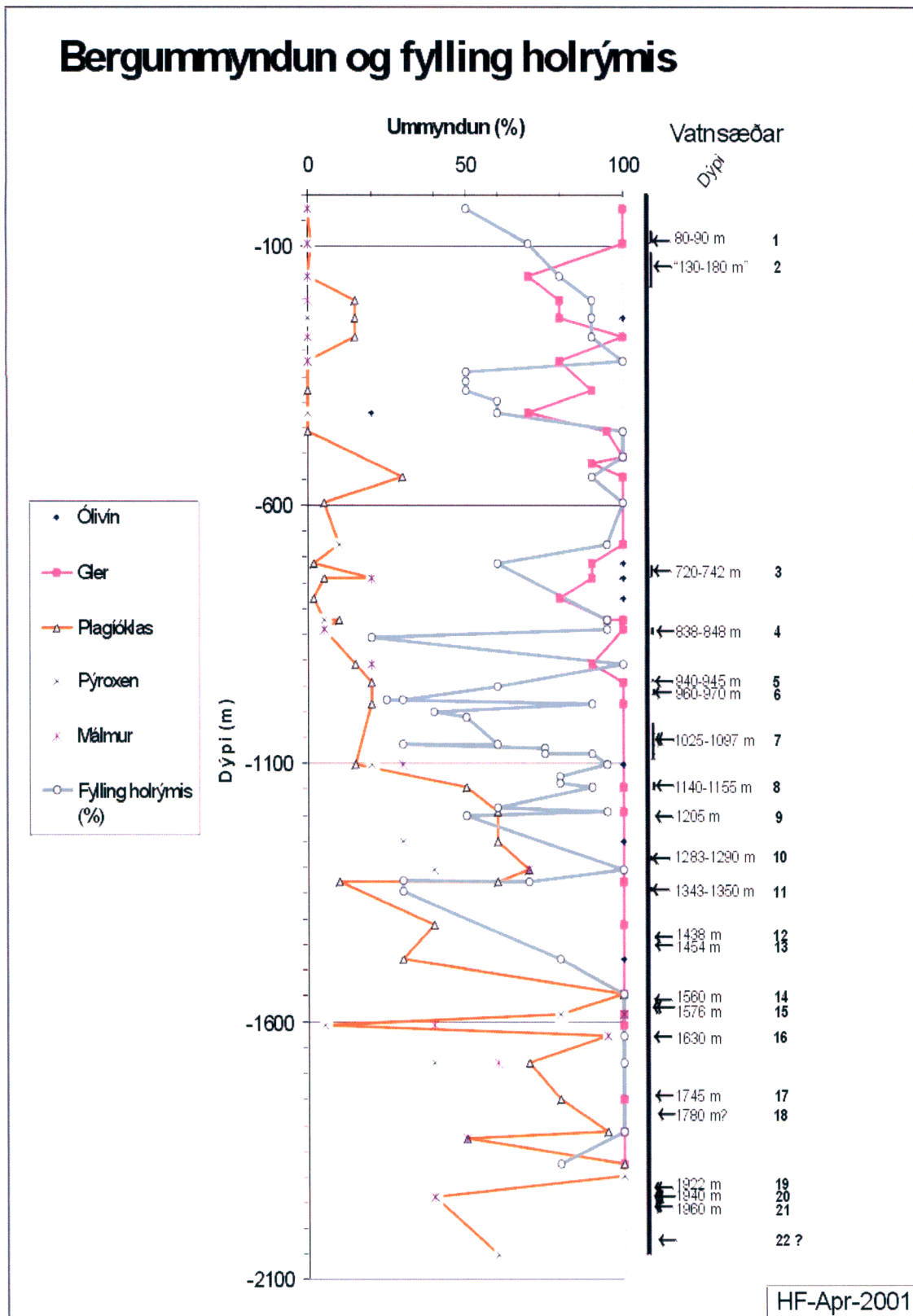
Dýpi (m)	Plagióklas Umm. (%)	Ummyndunarsteindir								Dýpi (m)	Pýroxen Umm. (%)	Ummyndunsteindir		
		zeol	Q	alb	leir	ep	cc	wo	spen			leir	sphen	amf
26	0									26	0			
94	1	x								94	0			
156	0									156	0			
204	15	x								204	x			
236	15	x								236	0			
274	15	x								274	0			
320	0									320	0			
378	0									378				
420	0									420	0			
458	0									458				
506										506				
546	30	(x)	(x)							546				
594	5									594				
676	10									676	10			
712	2									712				
740	20			x						740	20	x		
740	5									740				
780	2			x	x					780				
822	5			x						822	5			
822	10			x						822				
840	5			x						840	5			
908	15			x						908	20			
944	20			x	x	x	x			944				
984	20			x						984				
1102	15			x	x					1102	20	x		
1146	50			x						1146				
1192	60			x						1192				
1250	60			x	x	x				1250	"30"	x	x	x
1306	70			x	x	x				1306	40	x		x
1328	60	ph		x	x	x				1328				
1328	10	grm		x						1328				
1412	40			x	x	x				1412				
1478	30			x						1478				
1546	100			x						1546				
1546										1546				
1586	80			x	x	x				1586	80		x	x
1606										1606				
1606	5			x	x					1606	5	x		
1626	95			x				x		1626	95		x	x
1678	70			x	x	x			x	1678	40	x	x	x
1750	80			x	x	x				1750				
1812	95			x	x	x				1812				
1824	50			x						1824				
1874	100			x	x					1874		x		x
1898	100			x						1898	100	x		x
1938	40			x	x	x				1938	40			
2054	60			x		x				2054	60	x		x

Tafla 5. Ummyndun á málmum, fylling holrýmum á grundvelli þunnarneiða- og svarfgræininga.

Dýpi (m)	Málmur Umm.(%)	Umm.st spen	oxun	Þunngræining		Svarfgræining	
				Dýpi (m)	Fylling Holrým. (%)	Dýpi (m)	Fylling holrým.(%)
26	0			26	50	340	50
94	0			94	70	358	50
156	0			156	80	398	60
204	0			204	90	854	20
236				236	90	854	20
274	0			274	90	952	60
320	0			320	100	976	30
378				378	50	978	25
420				420	60	1000	40
458				458	100	1012	50
506				506	100	1062	60
546				546	90	1062	30
594				594	100	1070	75
676				676	95	1080	75
712				712	60	1082	90
740	20	x		822	95	1126	80
740				822	95	1138	80
780				840	95	1186	60
822				908	100	1200	50
822				984	90	1326	30
840	5			1102	95	1346	30
908	20	x		1146	90	1874	80
944				1192	95		
984				1306	100		
1102	30	x		1328	70		
1146				1478	80		
1192				1546	100		
1250				1626	100		
1306	70	x		1678	100		
1328				1812	100		
1328							
1412							
1478							
1546							
1546							
1586	100	x					
1606							
1606	40	x					
1626	95	x					
1678	60	x					
1750							
1812		x	x				
1824	50	x	x				
1874		x	x				
1898							
1938	40	x					
2054							

Skýringar	
leir	Smektít-klórít
Q	Kvars
amf	Amfíból (aktínólít)
ep	Epidót
alb	Albít
cc	Kalsít
wo	Wollastonít
spen	Sphen
oxun	Oxun

Bergummyndun og fylling holrýmis



Mynd 6. Bergummyndun, fylling holrýmis og vatnsæðar.

4.3. Dreifing ummyndunarsteinda

Dreifing ummyndunarsteinda er sýnd á mynd 7.

- **Kalsít** (CaCO_3). Kalsít er algengt niður á um 600 m dýpi en minnkar umtalsvert þaðan og er fremur fátítt niður á um 1100 m dýpi. Þaðan niður á botn holunnar finnst það nánast ekki. Frá um 1650 m niður á um 2000 m dýpi örlar á kalsíti í svarfi, en talið líklegt að sýnin komi úr bergi ofar í holunni, þótt lítið kalsít finnist í vinnsluhluta holunnar á 700–1100 m dýpi. **Siderít** (FeCO_3) greindist í einu sýni á um 90 m dýpi.
- **Aragonít** (CaCO_3) finnst á stangli frá um 140 niður á um 440 m dýpi. Það sést einkum sem stakir kristallar ("dogtooth"). Aragonít er eldra en kalsítið sem fellur út á sama dýpi.
- **Límonít** ($\text{H}_2\text{Fe}_2\text{O}_4(\text{H}_2\text{O})_x$) tengist einkum útfellingum úr köldu vatni. Það finnst aðallega ofan rúmlega 200 m dýpis. Sú oxun sem greinist neðan 1200 m dýpis tengist hitaummyndun frá nærliggjandi göngum.
- **Iddingsít** ($\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Kísilsteindir eru úr nær hreinum kísli (SiO_2). Þær eru hitaháðar, þar sem ópall myndast við lágstan hita ($<120^\circ\text{C}$) síðan tekur við kalsedon ($120\text{--}180^\circ\text{C}$), og ofan 180°C myndast kvars. Víða sést að ópall hefur breytst í kalsedon og síðan kvars með hækkandi hita, og þannig er stundum unnt að gera sér grein fyrir hvort að það kvars sem nú greinist hafi upphaflega verið ópall eða kalsedon. Slíkt hefur þýðingu, þegar reynt er að gera sér grein fyrir afstæðri aldursröð útfellinganna og fornum hita í jarðhitakerfinu.

- **Ópall** finnst sem holufylling í bergi á um fjórum stöðum niður á um 440 m dýpi.
- **Kalsedon** finnst aðallega frá 80 niður á um 140 m dýpi, og svo í einu sýni á um 350 m dýpi. Neðar í holunni sést kalsedonhúð á blöðruveggjum, sem umbreytst hefur í kvars við hærri hita.
- **Kvars** finnst fyrst strjálft frá 500 niður á 570 m dýpi en er algeng steind þar fyrir neðan.

Zeólítar er steindaflokkur sem mikið er notaður til að meta hitastig í bergi. Zeólítar eru ekki algengir í bergi í RN-10. Zeólítarnir, að wairakíti undanskildu, eru yfirleitt stöðugir undir 200°C hita.

- **Tomsónít** ($\text{NaCa}((\text{Al},\text{Si})_5\text{O}_{10})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) finnst aðeins á 156 m dýpi.
- **Analsím** ($\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$) er öllu algengara þar sem það finnst í nokkru magni frá rúmlega 200 niður á um 500 m dýpi.
- **Skólesít/mesólít** ($\text{Ca}(\text{Na}_2)(\text{Al}_2\text{SiO}_{10}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) finnst aðeins í einu sýni á um 420 m dýpi.
- **Stilbít/heulandít** ($(\text{Ca},\text{Na}_2,\text{K}_2)(\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) er aðallega að finna frá um 80 niður á 270 m dýpi og svo á einum stað á rúmlega 500 m dýpi.

- **Mordenít** ($(\text{Na}, \text{K}_2, \text{Ca})(\text{Al}_2\text{Si}_{10}\text{O}_{24}) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) greinist á nokkrum stöðum frá rúmlega 150 niður á rúmlega 450 m dýpi. Mögulegt **laumontít** ($\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) fannst aðeins á einum stað í holunni á um 200 m dýpi.
- **Wairakít** ($\text{KAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$) er ekki algeng steind í holunni, hún finnst fyrst á tæplega 600 m dýpi og síðan á 5 stöðum niður á tæplega 1100 m dýpi. Vottur af wairakíti sést á 3 stöðum neðan 1600 m dýpis, en talið er sennilegt að hluti þess geti verið ættað ofar úr holunni (700–1100 m).
- **Prenít** ($\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$) finnst á mjög svipuðum slóðum og wairakít eða frá tæplega 600 niður á rúmlega 1100 m dýpi og er þar mun algengara en wairakít. Vottur af preníti finnst í þremur þunnsneiðum neðan 1400 m dýpis. Mögulegt er að þau korn séu komin ofar úr holunni, þar sem þar koma fyrir svipaðar steindir og ofar finnast.
- **Epidót** ($\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3(\text{OH})(\text{SiO}_4)_3$) kemur fyrst fram á um 600 m dýpi og er fremur algeng steind frá 820 m dýpi og niður á botn holunnar. Epidótið er nokkuð breytilegt að gerð og kristöllum, og má skipta því í þrjár gerðir: Elsti hlutinn virðist stundum hafa brúnleitan blæ í einskautuðu ljósi, en við tekur mjög gul-pleókróískt epidót en í yngstu kristölluminni hverfur pleókróísminn nær algerlega. Svipaða lýsingu er að finna í bergi úr IRDP-holunni á Reyðarfirði (Viereck o.fl. 1982), þar sem þeir skýra þessa breytingu sem minnkun á járn í kristölluminni með tíma. Elsti hlutinn gæti verið svonefnt allanít, en við tekur epidót og síðan járnfrítt epidót eða clinózóisít. Í þessu sambandi er athyglisvert að í rannsókn á klóríti á Reykjanesi kemur fram breytilegt magn á járn í því, þar sem klórítið er járnrikara nærri vatnsæðum lekt (Lonker o.fl. 1993). Því er ekki loku fyrir það skotið að minnkun í járn í epidótinu geti einnig merkt minnkandi lekt með tíma. Magndreifing epidóts, metin með talningu af svarfspjaldi er sýnd á mynd 8. Samkvæmt mynd 7, birtist epidót fyrst á um 600 m dýpi en á mynd 8 sést að magn þess eykst ekki umtalsvert fyrr en neðan 800 m dýpis. Epidót virðist mjög algeng steind neðan um 1100 m dýpis, nema þar sem innskot fleyga staflann en þar er bergið afar þétt og ekki holrými til að kristalla epidót í. Þetta tiltölulega jafna og mikla magn epidóts, sem mest finnst í holrými bergsins, er mögulega unnt að nota í mati á jarðlagagerð. Í jarðlagalýsingu var talið erfitt að staðfesta hvort að kristölluðu basaltlögin neðan um 1200 m dýpis væru hraunlög eða bólstraberg. Ef um hraunlög væri að ræða ætti maður væntanlega von á breytilegu magni epidóts (holrými í hraunlagi yfirleitt breytilegt), en í bólstrabergi væru breytingar í holrými tiltölulega litlar enda bólstrar oftast <1 m í þvermáli. Fremur jafnt magn epidóts í berginu rennir því stöðum undir að flest kristölluðu basaltlögin neðan 1200 m dýpis sé bólstraberg frekar en hraunlög.
- **Wollastoníts** (CaSiO_3) verður fyrst vart á rúmlega 800 m dýpi, en verður ekki algeng steind fyrr en neðan 940 m dýpis. Svo virðist sem wollastonít myndist oftast sem undanfari og/eða á svipuðum tíma og epidót. Wollastonít verður afar algengt neðan 1900 m, og er þar tengt sprungufyllingum og þeirri stóru vatnsæð holan sker þar.
- **Granat** ($\text{CaFe}_2(\text{SiO}_4)_3$) finnst fyrst á um 1100 m dýpi. Sjaldnast er unnt að tengja kristöllum granats við sérstakt útfellingatímabil, og virðist oftast vera ummyndun á klóríti. Granat virðist algengara neðan um 1600 m dýpis.

- **Albít** ($\text{Na}_2\text{AlSiO}_3\text{O}_8$) kemur fyrir á tvennan hátt; annars vegar sem ummyndun á plagióklas og hins vegar sem útfelling og ummyndun á "gelhluta" móbergstúffs. Fjallað var um það fyrrnefnda í kafla 4.1. Albít útfellingar eru tiltölulega algengar, og tengjast að miklu leyti við móbergstúfflög. Einnig er áberandi hvað albít kristallast auðveldlega í "gelmassanum" milli glerkornanna í gjóskutúffi. Báðar gerðir albíts sjást fyrst á um 670 m dýpi, og greinist alla leið niður á botn holunnar. Útfellingarnar hafa áberandi einkenni sem eru smásæ göt í kristöllum, sem oft á tíðum eru fylltar vökvabólum. Sumstaðar má sjá að aðrar steindir hafa kristallast í þessu holrými, svo sem epidót. Ekki er ljóst hvort þetta holrými innan kristallanna bendi til að þeir hafi á einhverju tímaskeiði tekið að leysast upp, eða að um sérstaka hraðkristöllum geti verið að ræða ("skeletal" kristöllun).
- **Adúlaría** ($(\text{K},\text{Na})\text{AlSiO}_3\text{O}_8$) fannst aðeins í einni þunnsneið á 676 m dýpi. Líklega er meira af þessari ummyndunarsteind í berginu en hún er vandgreind.
- **Anhýdrít** (CaSO_4) fellur út á þremur dýptarbilum; frá 84 m niður á um 120 m, birtist síðan aftur á um 270 m og er tiltölulega algeng steind niður á um 620 m dýpi. Anhýdrít birtist enn á ný sem algeng steind á 1000–1200 m dýpi, en verður minna áberandi þaðan og niður á tæpa 1500 m. Aðeins vottar fyrir anhýdríti í tveimur þunnsneiðum neðan þess dýpis. Á háhitasvæðunum á Reykjanesi kemur anhýdrít fyrir í tvenns konar formi; annars vegar sem klasar af mjög smágerðum kristöllum, og hins vegar sem vel formaðir stakir kristallar. Það fyrrnefnda er talið myndast við hratt innflæði kaldari sjávar í heitt berg. Hin gerðin er talin tengjast meira við útfellingar úr jarðhitakerfinu sjálfu.
- **Spen (títanít)** (CaTiSiO_5) finnst aðallega sem ummyndun á frumbergi, svo sem á magnetíti og gleri, en sést einnig sem ummyndun á pýroxen og plagióklas, eins og fjallað var um í kafla 4.2. Ekki sáust spen-útfellingar í holrými bergsins.
- **Pýrít** (Fe_2S) er algengasta súlfíðsteindin í jarðhitakerfinu, og finnst á flestum stöðum í holunni. Dreifing á pýríti er sýnd á mynd 7 og afstætt magn þess, metið af svarfspjaldi, er sýnt á mynd 8. Síðarnefnda myndin er nokkuð lýsandi þar sem fram kemur að pýrít er næsta lítið niður á 700 m dýpi, ef frá er talinn áberandi toppur á 100–150 m dýpi. Neðan 700 m er magnið afar breytilegt en virðist þó aukast jafnt og þétt niður á botn holunnar, með þó áberandi undantekningum þar sem magn þess eykst umtalsvert (t.d. 1210–1280, 1320–1380, 1460–1510, 1890–1960 m). Vatnsæðar falla sumstaðar á sama dýpi og þessir pýríttoppar, eins og getið verður um í kafla 5.1. Líklegt **kalkó-pýrít** (CuFeS_2), **galena** (PbS) og **sphalerít** (ZnS) finnast á stangli í holunni, en voru ekki kortlögð kerfisbundið. Slíkar steindir eru oft algengar í söltum jarðhitakerfum. Tiltölulega lítið magn þessara steinda er athyglisverð og í samræmi við niðurstöður athugunar á vökvabólum þar sem selta jarðhitavökvans í kerfinu er talinn hafa verið mun minni en nú mælist.
- **Aktínólít** ($\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe}^{+2})_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$) greinist fyrst í þunnsneið á um 1140 m dýpi og finnst á stangli þaðan og niður á um 1500 m. Neðan þess verður steindin algengari, sérstaklega neðan 1800 m dýpis. Hún finnst bæði sem ummyndun á pýroxen, og sem útfelling í holrými. Í síðarnefnda tilvikinu fellur það út á eftir epidóti og wollastóníti. Amfíból finnst víða í kjarna háhitakerfa þar sem borað hefur verið, svo sem í Kröflu og á Nesjavöllum. Höfundar hafa þó ekki í þeim kerfum séð eins viðamiklar útfellingar þessarar steindar eins og sést í neðsta hluta þessarar holu.

Leir

Greining leirs var gerð í svarf- og þunnarneiðasmásjá auk þess að 36 sýni voru greind í röntgen. Leir kemur fyrir sem útfelling í holrými og sem ein algengasta ummyndun á bergi. Nákvæm greining á leir er nokkrum vandkvæðum bundin þar sem optískir eiginleikar og útlit er margbreytilegt. Röntgengreining er heldur ekki einhlít, en gefur þó nákvæmari undirflokkun.

- **Smektít** greinist bæði í þunnarneiðum og röntgeni niður á tæplega 900 m, og á sama hátt greinist í röntgeni svonefnt smektít-illít á svipuðu dýptarbili. Sú síðarnefnda greinist aðallega á því að röntgentoppar í rúmum 12 Å þenjast út í 13–14 Å í glykolmettun en falla svo niður í 9–10 Å við hitun. Slíkt smektít-illít er ekki eins ráðandi á öðrum svæðum hér á landi. Í svarfsjóni sést óvenju mikið magn ljósleits fin-gróffjaðra leirs, með miklum skellötugljáa á þessu dýptarbili og er talið hér að um þann leir sé að ræða.
- **Blandleir** (klórít/smektít) virðist ekki finnast í neinu magni sem heitið getur fyrr en komið er niður á rúmlega 600 m dýpi. Greinist hann nær samfelld allt niður á um 1000 m dýpi. Þar neðan við greinist hann á tveimur stöðum; annars vegar á 1400–1500 m og síðan í þremur sýnum frá 1800–2040 m dýpi. Athyglisvert er að á þeim tveim síðarnefndu dýptarbilum sker holan meginvatnsæðakerfin sem fæða holuna. Hitalega séð merkir blandleir yfirleitt hita um og yfir 200–230°C, en getur viðgengist við hærri hita þar sem berg er þétt. Ekki er ljós þýðing þessa, og verður að bíða þess að sjá hvernig vökvi birtist úr þessum æðum. Klórít finnst fyrst á um 500 m dýpi og eru þar sett efri mörk klórítbeltisins.
- **Klórít** finnst þaðan og niður á botn holunnar. Klórítið virðist vera af tveimur gerðum; í öðrum flokknum hverfa nánast 7 og 14Å topparnir í hitun (óstöðugt klórít) og í hinum flokknum helst það óbreytt í gegnum hremmingar glýkolmettunar og hitunar. Ekki er gerður greinarmunur á þessum tveimur tegundum á mynd 7. Í svarfgreiningum hefur verið athugað nokkuð hvernig leirinn kristallast í holrými í berginu og eru niðurstöðurnar sýndar á mynd 7, og er þar einnig sýnd dreifing stöðgs og óstöðugs klóríts. Greint hefur verið á milli þriggja kristöllumunar-leirgerða, leirskán/fínfjaðra, meðalfjaðra og gróffjaðra leir. Athuganir á örðum jarðhitasvæðum bendir til að leirútfellingar tengist lektaraukningu innan jarðhitakerfis. Leirkristöllumunin í þessari holu er sérkennileg að því leyti að mun minna er af gróffjöðruðum leir en vænta mátti. Það fellur nokkuð vel saman við aðra þætti svo sem að sumstaðar í holunni er tiltölulega lítið af útfellingum almennt, og því unnt að álykta að streymi jarðhita sé eða hafi verið fremur takmarkað í grennd við holu RN-10 á líftíma háhitakerfisins. Nokkurt samræmi er á milli þess að blandlag greinist í röntgeni og dýptarbilum þar sem útfellingar eru af skornum skammti, en það gæti gefið vísbendingar um að þótt poruhluti sé tiltölulega hár þá sé það ekki nægilegt til að leir breytist úr blandlagi yfir í klórít.

Hitaummyndun

Þessi gerð ummyndunar tengist hitaáhrifum frá kólnandi innskoti á grannbergið og hefur verið lýst í öðrum skýrslum (t.d. Hjalti Franzson 1996). Slík áhrif eru misáberandi við jaðra innskotanna, en finnast oftast innan við meters fjarlægð frá þeim. Söfnun slíkra gagna getur gefið ákveðnar vísbendingar um legu innskota í borholum. Ef slík ummyndun er áberandi á löngu dýptarbili áður eða á eftir að holan hefur skorið í gegnum innskot er það

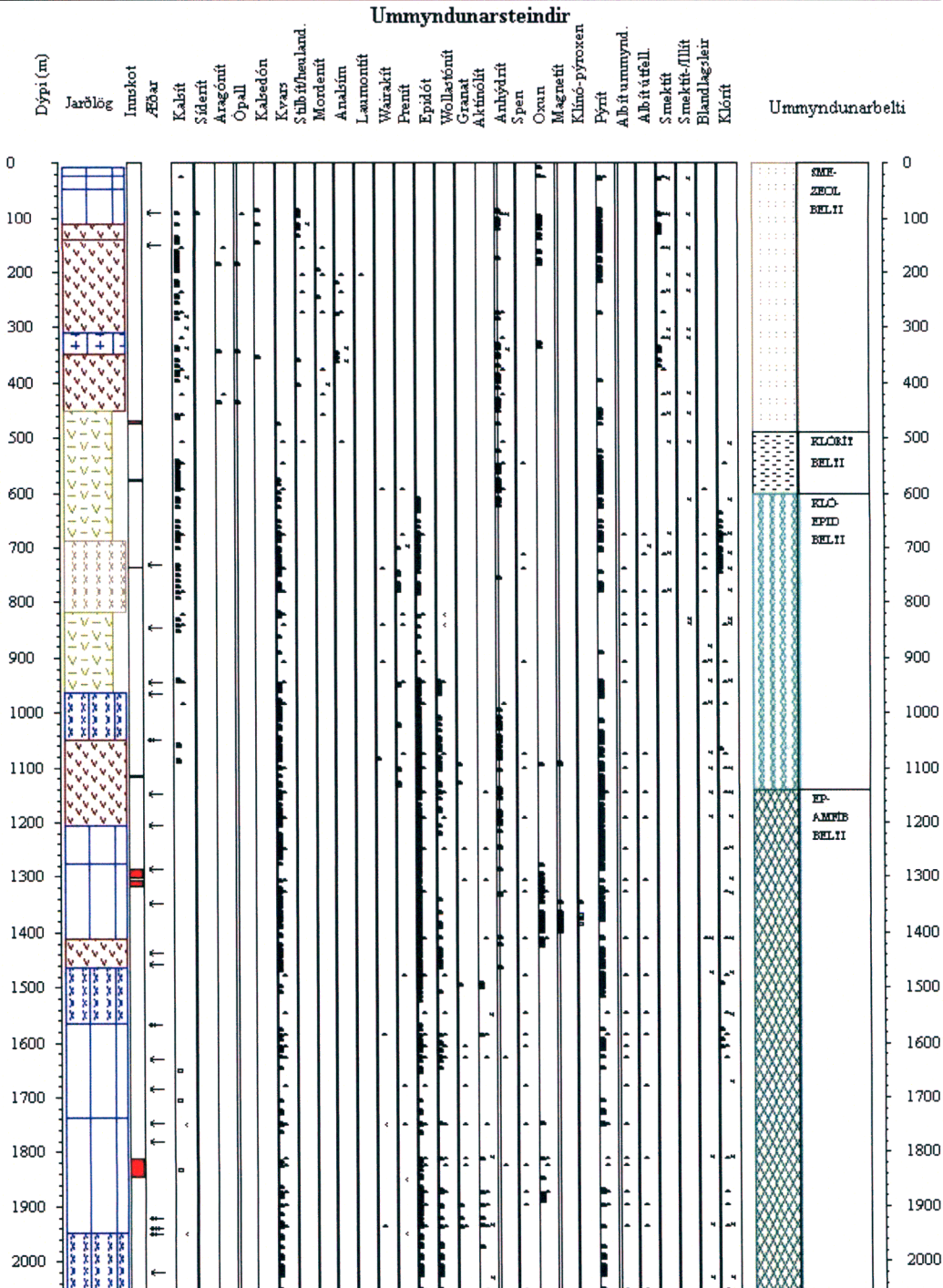
ákveðin vísbending um að holan fylgi eftir jaðri innskots, sem þá bendir til að innskotið sé nær lóðréttur berggangur. Slíka ummyndun má greina á tveimur stöðum í holunni; annars vegar í 1320–1420 m, og hins vegar á 1800–1890 m dýpi. Í báðum tilfellum er þessi gerð ummyndunar sérstaklega áberandi eftir að holan hefur farið í gegnum innskotið, en það gæti bent til að borinn haldi sig í námunda við ganginum eftir að hún er komin í gegn. Ef um ganga er að ræða er sennilegt að þeir hafi NA-SV stefnu. Þessar sterku vísbendingar á legu innskotanna eru þýðingamiklar í jarðhitalegu tilliti þar sem áberandi vatnsæðakerfi tengjast þeim. Á þann hátt hefur einnig fengist rúmfræðileg lega þeirra, eins og fjallað er um í kafla 7.2. **Magnetít** (Fe_3O_4) og **klínó-pýroxen** finnast í sýnum á 1340–1430 m dýpi. **Oxun** er áberandi á 1280–1430 m dýpi og tengist þar nærveru gangs, og svo er einnig á 1800–1900 m.

Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

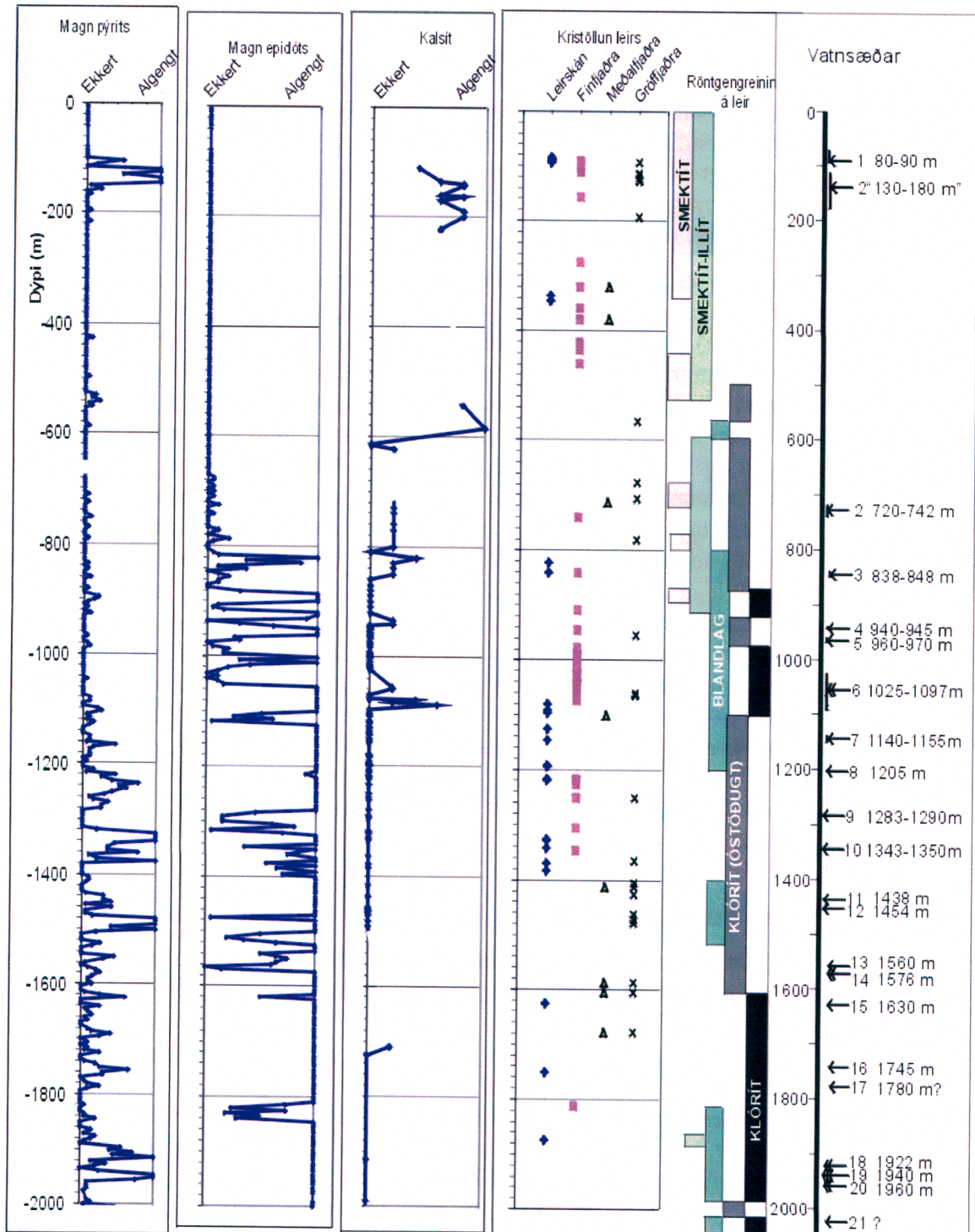
Bor: Jötunn
Dýptarbil: 0-2054 m

Skolvöki: Borleðja/vatn
Verkhlut: Öll holan

Staðarnúmer:
Starfsmenn: HF/GÓF



Mynd 7. Dreifing ummyndunarsteinda og ummyndunarbelti. Sjá skýringar við mynd 5.



Mynd 8. Afstætt magn pýrítis, epidótis, kalsítis, samanburður leirkristöllumar og röntngreininga og svo staðsetning vatnsæða.

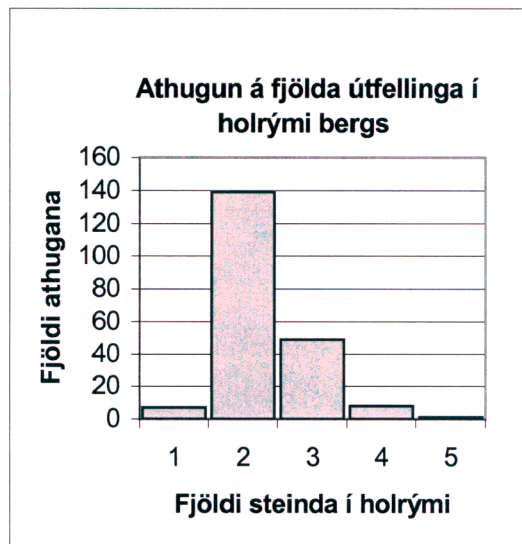
4.4. Ummyndunarbelti og samanburður við mat á núverandi berghita

Ummyndun bergs er að hluta til háð hita og er því oft notuð til að meta hita (núverandi og fyrrverandi) í jarðhitakerfum. Á mynd 7 er skipting ummyndunar í beltí sýnd, sem byggð er á dreifingu ummyndunarsteinda í holunni. Efst er svonefnt smektít-zeólítabelti sem nær niður á 490 m dýpi. Þar tekur við klórítbelti sem nær niður á 600 m, og þar fyrir neðan tekur við klórít-epidótbelti. Efri mörk epidót-amfibólbeltisins liggja á um 1140 m dýpi, og markast af fyrstu vísbendingu amfibólís (aktínólís). Nær það beltí allt til botns holunnar í 2050 m. Athyglisvert er að ekki finnst neitt sérstakt blandlagsbeltí á grundvelli leirgreiningar, og er skýringar þess að öllum líkindum að finna í snarpri hitaaukningu á dýptarbilinu frá 400–550 m.

Á mynd 11 (bls. 41) er sýndur svonefndur hitaferill ummyndunar sem byggður er á hitaháðum steindum, bergumyndun og á mælingum, sem gerðar voru á vökvabólum (Hjalti Franzson 2000b). Mælingarnar staðfesta á sannfærandi hátt hraðvaxandi hita á 400–500 m dýpi. Enn fremur gefur hún áhugaverðar upplýsingar um líklegan hita neðst í holunni, en sá hiti er 20–40°C lægri en suðuferill, en það bendir til ráðandi vatnskerfis sem nær ef til vill allt upp á 1300 m dýpi. Á mynd 14 (bls. 47) eru felldir inn hitaferlar sem mældir voru um 10 og 24 mánuðum eftir lok borunar. Ofan 1100 m er ferillinn líklegast truflaður af suðu í holunni, en neðan þess fylgir hann nokkuð suðuferlinum niður í rúma 1300 m, en þaðan og niður á botn liggur hann samsíða og um 10° hærra en ummyndunarferillinn segir til um, og er líklegast afar nálægt núverandi berghita. Neðsti hitapunkturinn á rúmlega 2000 m dýpi sýnir aftur á móti lækkun á hita niður á um 300°C, og er líklegasta skýringin sú að holan sé þar enn trufluð af skolvatni úr borun. Góður samanburður fæst því milli mælds hita og ummyndunarhita neðan rúmlega 1000 m dýpis, en þar fyrir ofan sýnir ummyndunarhitaferillinn líklegast betri aðlögun að berghita en hitamælingar. Ummyndunarhitaferillinn sýnir á sannfærandi máta að þakberg háhitakerfisins þar sem hola RN-10 er staðsett liggur á 450–550 m dýpi, en einnig það að á 100–200 m dýpi verður vart við lárétt jarðhitaafrennsli frá miðbiki jarðhitakerfisins, líklegast ættað úr suðaustri. Hitadreifingin í ummynduninni sýnir því að það dýpkar á efri mörk háhitakerfisins til vesturs.

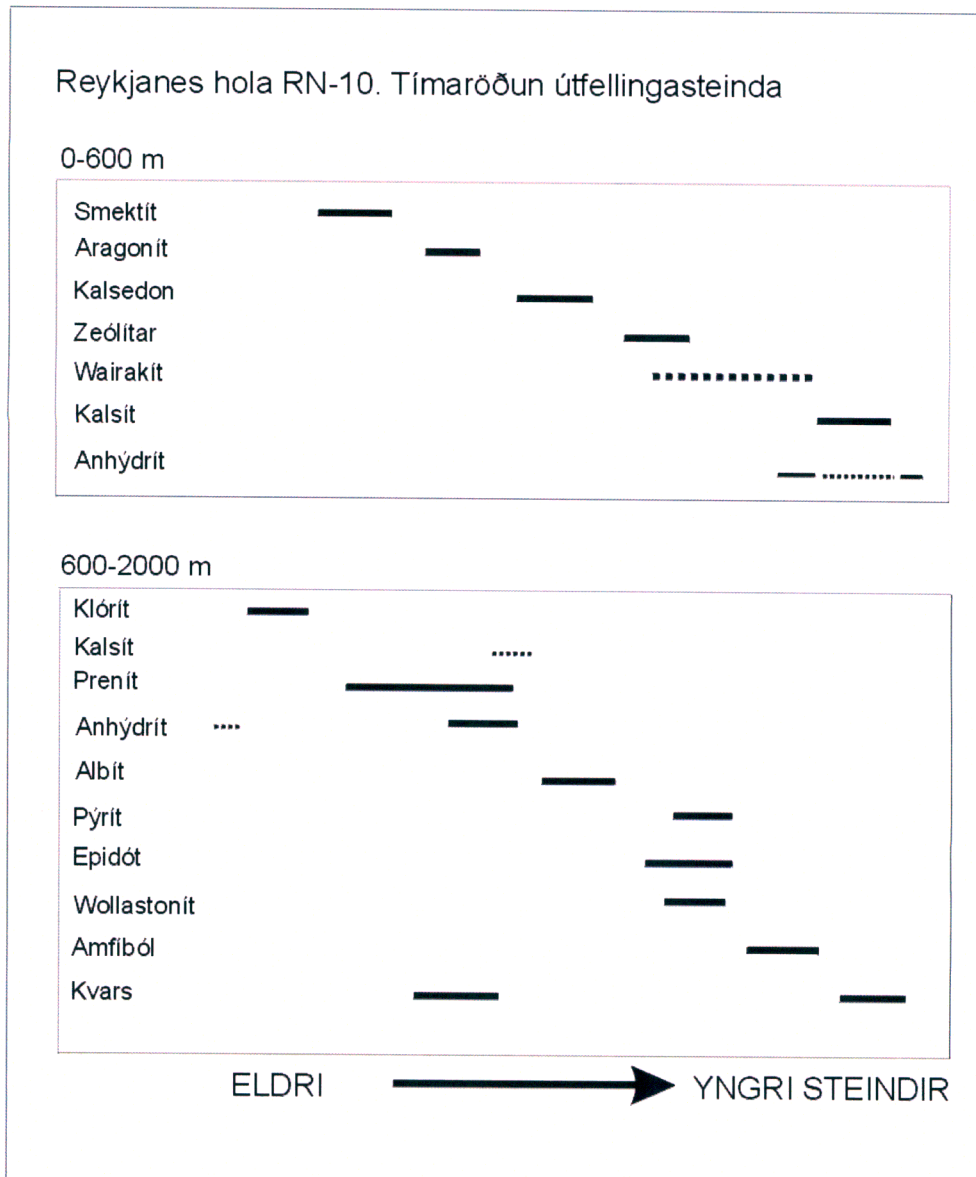
4.5. Tímavensl útfellinga

Rannsóknir hér á landi sýna að jarðhitakerfi virðast yfirleitt fella út eina steind í einu á hverju tímaskeiði, en breyting á útfellingum felur yfirleitt í sér að jarðhitakerfið er á einn eða annan hátt að bregðast við breyttum aðstæðum (innflæði, útflæði, hitnun, kólnun, breytingu á efnasamsetningu vökvu o.s.frv.). Í allt voru skoðaðar rúmlega 200 steindaraðir og er yfirlit yfir fjölda steinda í hverju holrými (blaðra, sprunga) sýnt á mynd 9. Kannað hefur verið í þunnsneiðum og svarfsjanni hvernig útfellingar hafa fallið út í tímans rás í jarðhitakerfinu, og er sú könnun sett fram á mynd 10. Þær athuganir þar sem um eina steind er að ræða er athugun á breytileika í kristöllum epidóts. Í flestum holrýmum reyndust vera tvær steindir og færri höfðu meira en það, og engin fleiri en 5 steindir í hverju holrými. Þessi dreifing er mjög svipuð og hefur fundist í öðrum könnunum af svipuðum meiði.



Mynd 9. Fjöldi steinda í holrými.

Tímaröðun steinda er skipt í tvö dýptarbil; annars vegar ofan 600 m, sem samræmist nokkuð bergeiningunum frá yfirborði niður á þak háhitakerfisins og hins vegar innan háhitakerfisins sjálfs. Í efri hlutanum virðist smektít (leirskán, fín- og meðalfjæðra leir) vera elsta útfellingin. Ofan á það leggst aragonít og síðan kalsedon. Tímabil zeólíta hefst í kjölfar þess, og er mögulegt að myndun wairakíts tengist þessu tímabili neðarlega á þessu dýptarbili. Síðustu útfellingar og þær sem næst eru nútímanum er kalsít og anhýdrít. Fjórar fyrstnefndu steindirnar lýsa lághitaaðstæðum. Wairakít myndast yfirleitt ofan 200°C hita og bendir til nærveru háhitakerfis. Kalsít og anhýdrít eru hvor tveggja steindir sem geta myndast við innflæði kaldari vökva inn í heitara berg. Innan háhitakerfisins virðast leirútfellingar, sem að miklum hluta hafa annaðhvort fallið út sem klórít eða umbreytst við hitahækkun úr lághitaleir yfir í klórít, hafa fallið út fyrst. Næst að aldri kemur prenít. Vera má að anhýdrít myndist síðar eða að hluta til á svipuðum tíma og prenít og kvars. Dæmi er um að anhýdrít geti hafa fallið út á undan leirnum. Veikar vísbendingar eru um að kalsít falli út í lok þessa tímabils (ofan 900 m dýpis). Óvenjulegar og jafnframt áberandi albít útfellingar virðast koma í kjölfar prenít/anhýdrít/kvars/kalsít tímabilsins. Næstar að aldri koma pýrít, epidót og wollastonít. Síðustu útfellingarnar eru amfíból og kvars, og er fyrnefnda steindin sérlega áberandi neðarlega í holunni, mun meira en höfundar hafa séð á sambærilegu dýpi á öðrum virkum háhitasvæðum. Það eru afgerandi merki þess að síðustu útfellingarnar í háhitakerfinu sýni háan hita og engin merki um kælingu að neinu tagi. Annað einkenni útfellinganna er hvað hún sýnir fremur einfalda þróun, ef miðað er við steindaraðir sem raktar hafa verið í öðrum háhitakerfum (t.d. Hjalti Franzson 1987, 2000a), og bendir það væntanlega til fremur ungs aldurs jarðhitakerfisins. Taka skal fram að tímaraðirnar, sem safnað var, eru helst til fáar og væri æskilegt að athuga kerfisbundið fleiri tímaraðir í öðrum holum til að staðfesta frekar heildarþróun kerfisins.

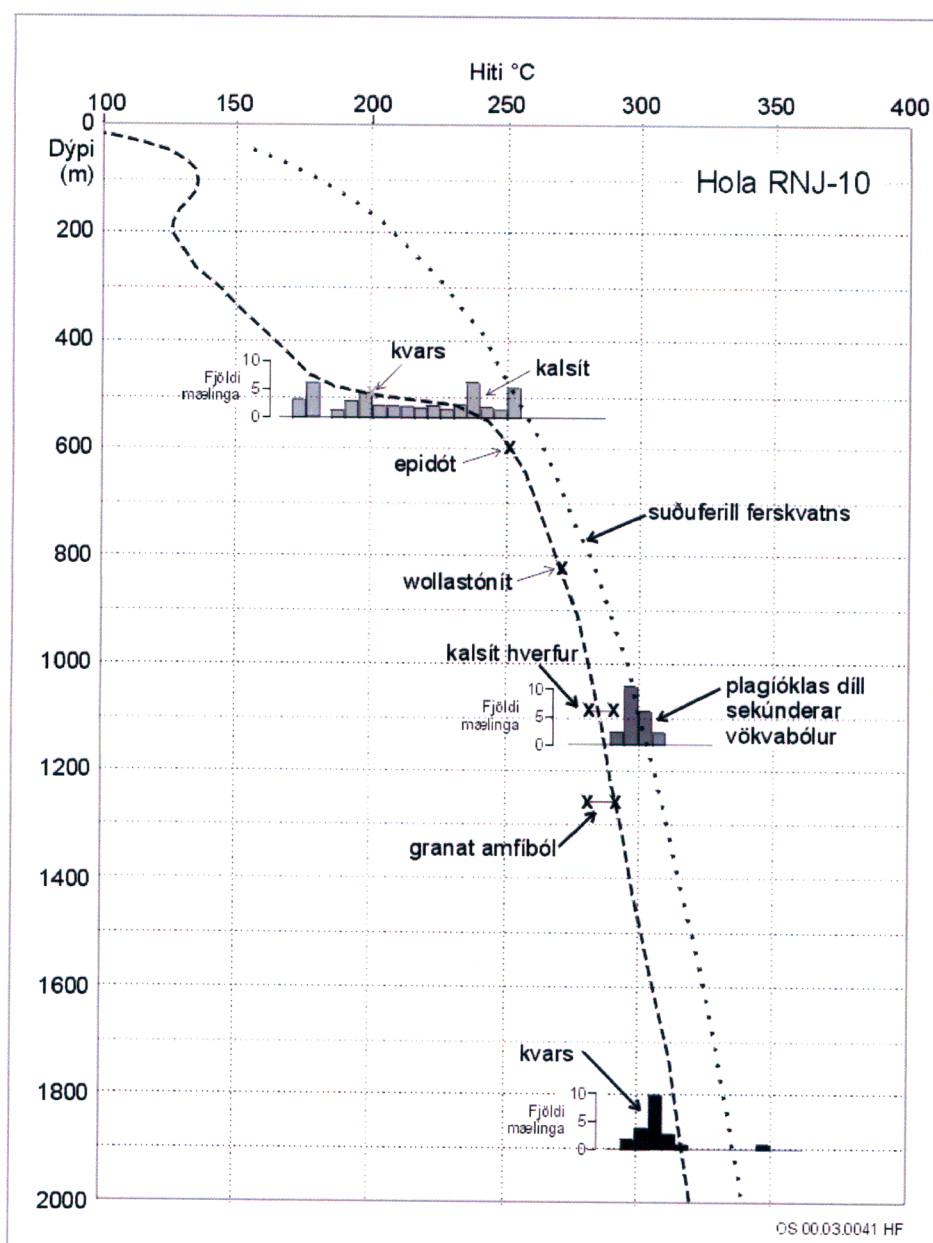


Mynd 10. Skematísk mynd, sem sýnir afstæðan aldur útfellinga í holrými.

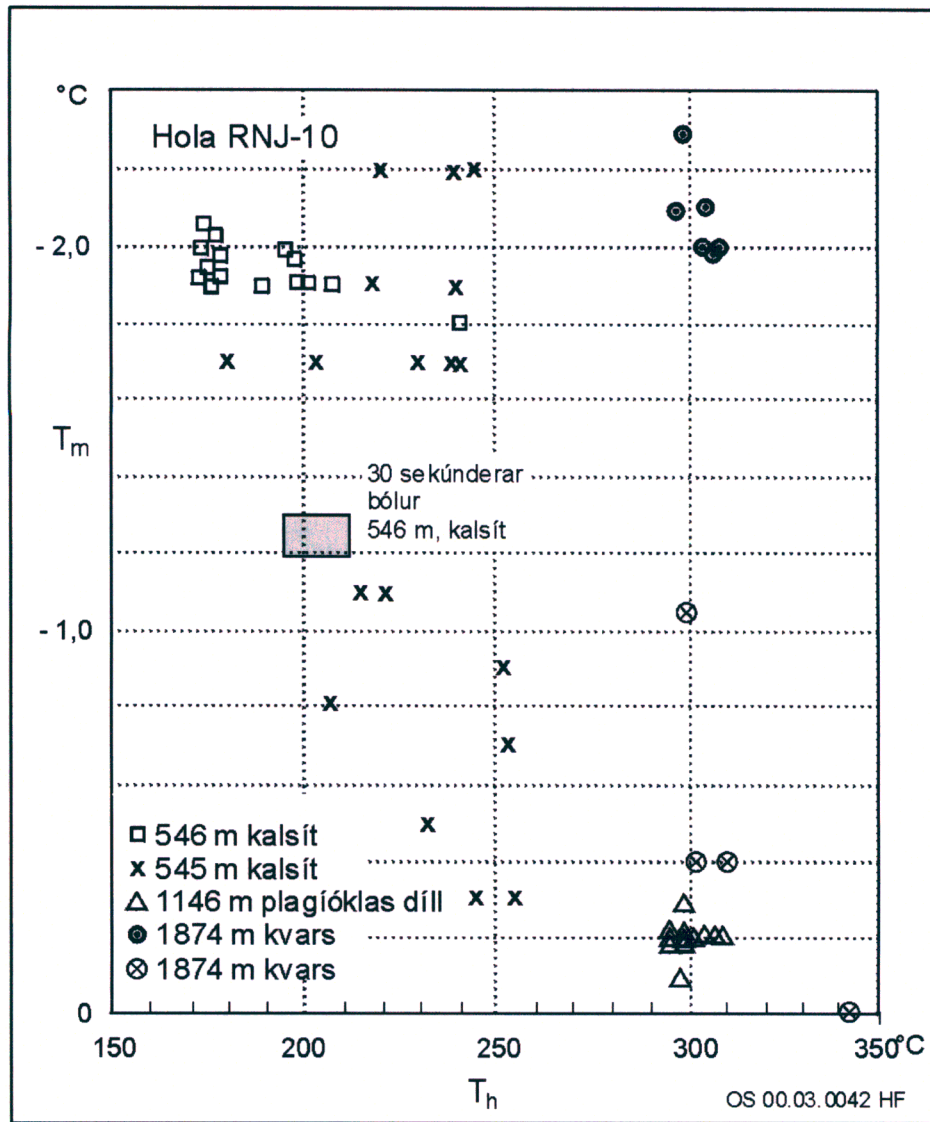
4.6. Niðurstöður mælinga í vökvabólum

Könnun var gerð á seltu og hita í vökvabólum úr útfellingum úr holu 10, og hafa henni verið gerð skil í skýrslu Hjalta Franzsonar (2000b). Mynd 11 sýnir niðurstöður mælinga samrunahita í vökvabólum með dýpi og samanburð við suðukúrfu og ummyndunarhita. Gott samræmi er á milli ummyndunarhita og hita mældum í vökvabólunum. Á um 545 m dýpi mælist hiti frá um 140–255°C, og er það skýrt með því að þakberg jarðhitakerfisins er á því dýptarbili og hitastigull mjög brattur. Hiti í vökvabólum á um 1146 m dýpi sýna hita sem fellur við suðumarksferilinn. Vökvabóluhitinn á um 1900 m dýpi sýnir hita frá um 295–320°C með hápunkti í um 310°C. Þessar niðurstöður benda til þess að jarðhitakerfið fylgi suðuferlinum og sé sjóðandi frá um 600 niður á um 1300 m dýpi en neðan þess sé hiti

neðan suðumarksferilsins og því ráðandi vatnskerfi í hræringarástandi. Mælingar á frostmarki í vökvabólunum sýndu að seltan í jarðhitakerfinu hefur verið afar breytileg í tímans rás, allt frá því að vera sem næst ferskvatni, yfir í að vera álíka og sjávarselta (mynd 12). Athyglisvert var í því tilviki að seltubreytingarnar virðast óháðar dýpi, þannig að ósaltan vökva var að finna neðst sem efst í jarðhitakerfinu. Seltu"leysi" jarðhitavökvans er að því er best verður séð í nokkuð góðu samræmi við óverulegt magn málmútfellinga (t.d. galena, sphalerít og kalkó-pýrít), eins og fjallað var um í kafla 4.3. Vísað er í skýrslu Hjalta Franzsonar (2000b) um aðrar niðurstöður vökvabólu-rannsóknarinnar.



Mynd 11. Mælingar á samrunahita í vökvabólum í holu RN-10, og samanburður við ummyndunarhita og suðuferil ferskvatns (Hjalta Franzson 2000b).



Mynd 12. Mæling á bræðslumarki (selu) (T_m) og samrunahita (T_h) í vökvabólum í hölu RN-10 (Hjalti Franzson 2000b).

5. EÐLISÁSTAND JARÐHITAKERFISINS

5.1. Staðsetning vatnsæða

Vísbendingar fundust um alls 20 vatnsæðar í holu RN-10, og eru 18 þeirra í vinnsluhluta holunnar (mynd 13). Flestar þessara æða eru fremur smáar. Staðsetningar á vatnsæðunum eru byggðar að miklu leyti á hita- og skoltapsmælingum, en einnig er stuðst við önnur atriði svo sem ummyndun, borhraða, borholumælingar og jarðlagaskipun, þar sem við á.

1. “90” m. Í upphafi borunar fyrir öryggisfóðringu var skoltap sem reyndist vera meira en 6 l/s. Æðin kemur líklegast fram í mjög útfellingaríku breksíulagi.
2. “130–180” m. Borað var með leðju mestan hluta holunnar fyrir öryggisfóðringu, og er það líkleg skýring á því að ekki varð vart neinna skoltapa í borun. Tvennt er það sem bendir til að vatnsæð(ar) séu á þessum slóðum; í upphitunarmælingu í lok borunar kom fram hitafrávik á dýptarbilinu og á sama dýptarbili varð áberandi aukning á pýrít útfellingum. Stílbít, anhýdrít og áberandi oxun voru á sama dýptarbili, auk þess að kalsedon greinist á þremur stöðum. Þessi vatnsæðakafli er líklegast lárétt jarðhita-afrennsli sem ættað er austan og sunnan holunnar.
3. 720–742 m. Vart verður við nokkuð samfellt innflæði í holuna í fjórum hitamælingum, og virðist innstreymið vera einna mest neðst á þessu dýptarbili. Ekkert skoltap mælist á þessum slóðum í borun. Æðakafllinn kemur fram í frekar einsleitri bólstrabreksíu, en á 734–738 m dýpi sker holan mjög ummyndað grófkorna basaltinnskot. Talið er líklegt að vatnsæðin tengist þessu innskoti.
4. 840–850 m. Vart verður við innflæði inn í holuna á þessu dýpi, svo og minna innflæði þaðan og niður undir 870 m dýpi. Aukning á kalsíti á þessu dýpi gæti tengst æðinni. Æðakafllinn kemur að mestu leyti fram nærri lagskilum setlags og móbergstúffs. Ekki varð vart við skoltap á þessu dýpi.
5. 940–950 m. Smá æð sést í þremur hitamælingum, og er hún líklegast á dýptarbilinu 940–945 m. Ekkert skoltap kom fram í mælingum bormanna. Athyglisvert er að á þessu dýpi verður vart við kalsít sem var nær horfið (sjá mynd 7), en ekki sást aukning í pýríti. Æðin kemur fram í fremur einhæfu móbergstúffi.
6. 960–970 m. Vísbendingar sjást í einni hitamælingu um æð á þessu dýptarbili. Líklegt er að æðin tengist lagskilum á milli settúffs og kristallaðra basaltlaga.
7. 1025–1097 m. Merki um lekt sést á þessu dýptarbili í 5 hitamælingum. Innan þess sést aukin lekt á 1025, 1040–1052, 1065–1072, 1080–1090 og 1095. Möguleiki er að unnt sé að nema lekt allt upp undir 1000 m dýpi. Æðakafllinn kemur fram í bólstrabergsmyndun sem nær niður í 1050 m dýpi og svo í túffríku móbergi þar fyrir neðan. Lengd þessa æðabils bendir til að holan skeri nær lóðréttan lekastrúktúr. Á 1100–1104 m dýpi sker holan basaltinnskot. Vart verður við líklega hitaummyndun allt að 20 m ofan við innskotið, sem bendir til að það liggja þar nærri holunni, en það segir líklegast að innskotið sé lóðrétt. Nokkuð er um sprungufyllingar í svarfsýnum frá um 1030 m dýpi, og eru það aðallega anhýdrít (“sykuranhýdrít”). Athyglisvert er einnig að kalsíts verður

vart í svarfinu á þessu dýptarbili (sjá mynd 7), en það gæti merkt að æðin sé í suðu. Lítið sést til pýrítis á þessu dýpi og kemur það nokkuð á óvart.

8. 1140–1155 m. Æðin sést aðeins í einni hitamælingu, og er hér um smáa æð að ræða. Hún kemur fram í túffi og við efri mörk á líklegu basaltinnskoti. Nokkuð er um anhydrit sprungufyllingar á þessu dýpi. Á 1122–1143 m dýpi mæla mæla bormenn 2,5 l/s skoltap.
9. 1205 m. Smáæð kemur fram í þremur hitamælingum. Hún kemur fram innan túff setlags.
10. 1283–1290 m. Æðin kemur fram í einum þremur hitamælingum. Hún fellur saman við neðri mörk pýrít topps (1220–1280 m) og er við efri jaðar á nær lóðréttum berggangi sem sést á grundvelli áberandi hitaummyndunar sem greinist allt frá um 1270 niður í um 1420 m dýpi. 5 l/s skoltapsaukning mældist á 1278–1283 m dýpi.
11. 1343–1350 m. Æðin kemur fram í hitamælingu. Mögulegt er að um 5 l/s skoltapsaukning sem mælist á 1376–1382 m dýpi sé tengd þessari æð.
12. 1438 m. Æðin sést í einni hitamælingu. Aukning í pýrít gæti tengst æðinni. Æðin kemur fram innan fremur einsleits túffs.
13. 1454–1460 m. Hitamæling sýnir æð á þessum slóðum, og skoltapsaukning verður á 1438–1454 m dýpi. Æðin er innan einsleits túffs.
14. 1560–1575 m. Æðin kemur fram í hitamælingu. Víddarmæling sýnir skápa á um 1567 og 1575 m dýpi. 5 l/s skoltapsaukning verður á 1562–1580 m dýpi. Aukning verður á bergummyndun á 1564–1586 m dýpi. Æðin tengist móbergstúffi.
15. 1630 m. Æðin kemur fram í einni hitamælingu og virðist þar fremur smá. Væntanlega tengist hún lagskilum milli tveggja ólivín-þóleiít basaltlaga.
16. 1678–1688 m. Skoltapsaukning upp á 10 l/s verður á þessu dýptarbili. Engar markverðar breytingar sjást í hitamælingum sem gætu bent til vatnsæðar utan óverlegra óreglu í hita nærri þessu dýpi. Taka verður fram að á dýptarbilinu frá um 1650–1700 m dýpi eru vatnsæðarnar nærri þrýstijafnvægi við vatnsborð holunnar á þeim tíma þegar hitamælingarnar eru gerðar, þannig að eðlilegt er að þær sjáist takmarkað í slíkum mælingum. Nokkuð áberandi skápar koma fram í víddarmælingu á 1680–1686 m dýpi, sem bent gætu til vatnsæða.
17. 1743–1752 m. Um 6 l/s skoltapsaukning verður á þessu dýptarbili. Hitamælingar sýna óverulegt brot á svipuðu dýpi. Pýrít-toppur kemur fram á um 1750 m dýpi. Æðin kemur fram innan basaltstafla, þar sem ummyndun er lítil.
18. 1780 m. Mögulegt brot kemur fram í hitamælingu og um 7 l/s skoltapsaukning á 1780–1788 m dýpi. Vægur pýrít-toppur kemur fram á svipuðu dýpi. Ef um æð er að ræða þá kemur hún fram innan basaltlaga um 20 m ofan við berggang, og má ætla að hún tengist sprungum við jaðar hans.
19. 1922 m. Nokkuð áberandi brot kemur fram í hitamælingu sem bendir til að vatn tapist inn í berg. Um 11 l/s skoltapsaukning verður á 1914–1926 m dýpi. Pýrít-toppur kemur fram á svipuðu dýptarbili.
20. 1940–1960 m. Staðsetning æðarinnar var ákvörðuð að mestu á grundvelli hitamælinga þar sem mjög áberandi brot kemur fram á þessu dýptarbili sem bendir til að vökvinn

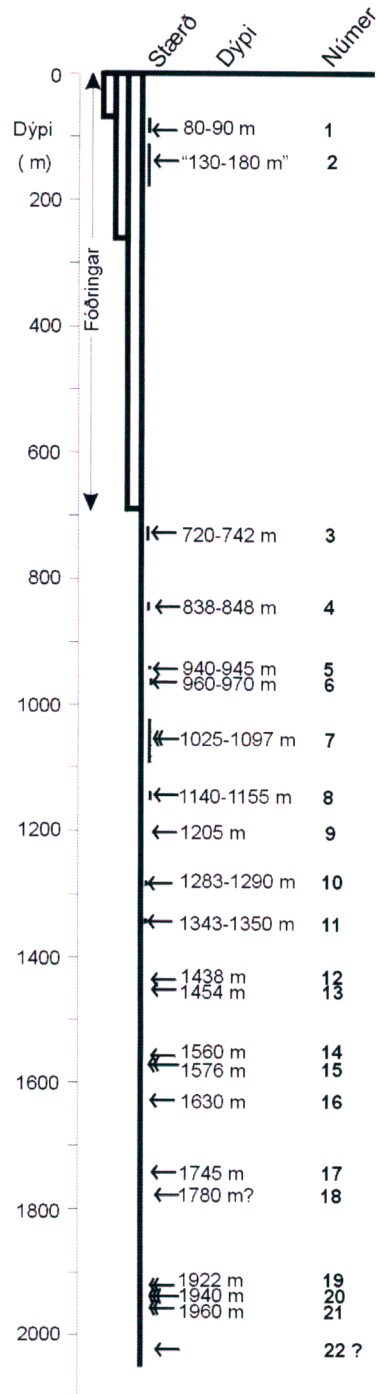
hverfi þar inn í bergið. Áberandi skoltapsaukning verður að vísu eilítið ofar eða í 1926–1931 m dýpi og síðan annað á 1959–1973 m. Þessi æð er talin vera sú stærsta í holunni. Áberandi mikið magn sprungufyllinga með miklu af wollastoníti, amfibóli, epidóti og líklegu kvarsi eða albíti. Í sýni á um 1980 m dýpi vottar fyrir líklegu fínkorna fersklegu basaltinnskoti. Á grundvelli þessara gagna er greinilegt að holan sker vellekt lóðrétt sprungubelti, ef til vill tengt basaltinnskoti.

21. >2000 m. Líklega er æð nærri botni holunnar, þar sem holan virðist kæla sig þangað í ádælingu. Sennilega er þessi æð samtengd sprungubeltinu sem æðar 19 og 20 rekjast til.

Í kafla 4.3 eru færð rök fyrir því að holan skeri nær lóðréttu bergganga á 1100–1104, (1150–1160), 1276–1312 og 1800–1846 m dýpi. Lekt virðist koma við jaðra þessara innskota. Það þýðir að holan fylgir eftir eða er í nálægð við þessar lóðréttu sprungur. Neðsta æðin er einnig talin vera tengd lóðréttri sprungu, enda mikið af hálfopnum sprungufyllingum á því dýptarbili.

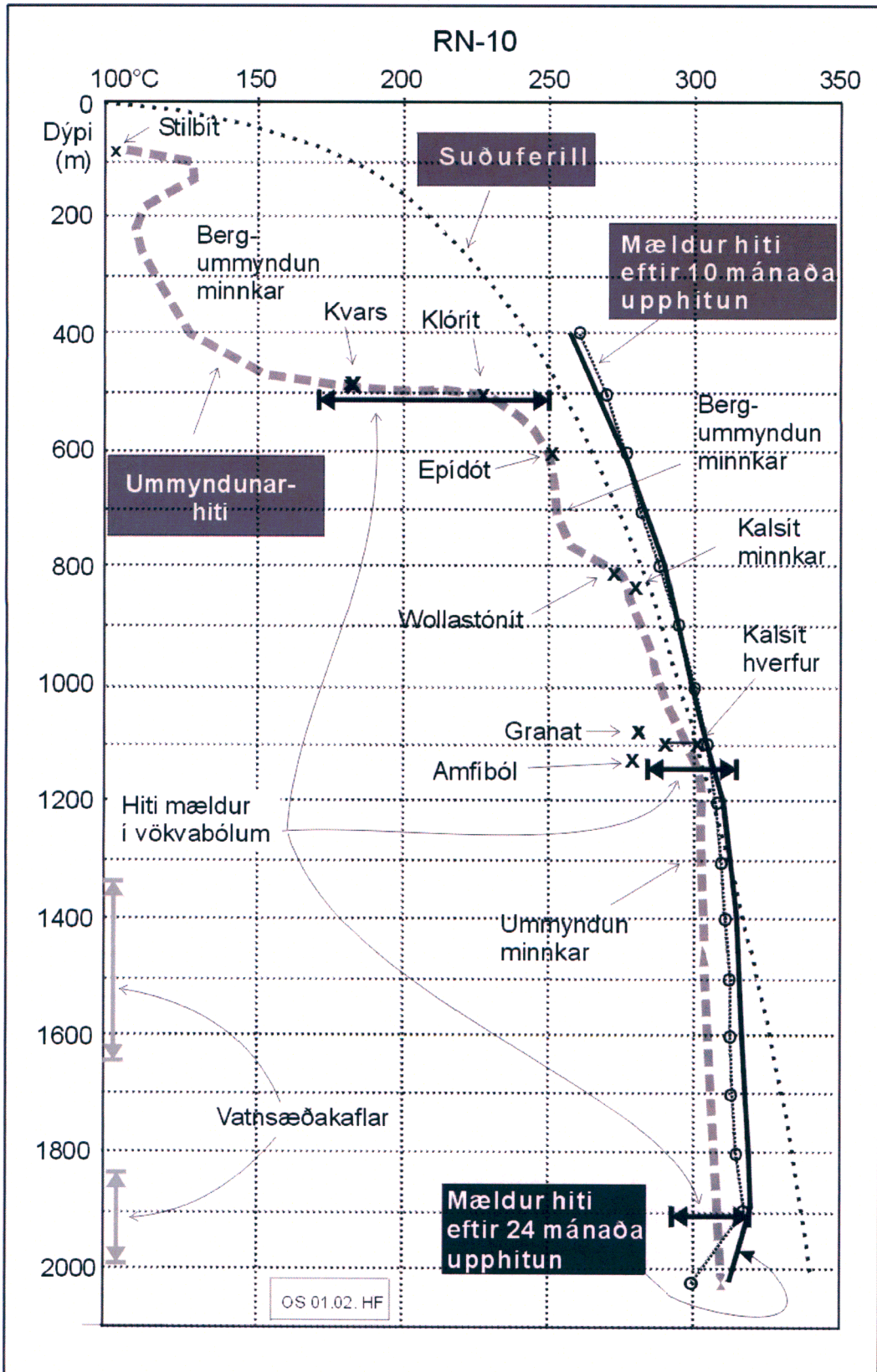
Hitaferill holunnar bendir til hræringakerfis neðan um 1400 m dýpis. Athyglisvert að neðsti mælipunktur í Amerada-mælingum sýnir enn vott af kælingu eftir 2ja ára upphitun, sérstaklega með tilliti til þess að neðsti æðakaflinn, sem talinn er sá öflugusti í holunni, er álitin vera lóðrétt og ætti þar af leiðandi að liggja nærri holubotni þar sem kælingarinnar varð vart. Hugsanleg túlkun á því er að tiltölulega lítil hreyfing sé á vatninu innan leiðarans og því gangi upphitun hans fremur seint.

Reykjanes hola RN-10 Staðsetning vatnsæða



HF-Apríl 2001

Mynd 13. Staðsetning vatnsæða í holu RN-10.



Mynd 14. Samanburður ummyndunarhita, vökvabóluhita og mælds hita.

6. BORHOLUMÆLINGAR

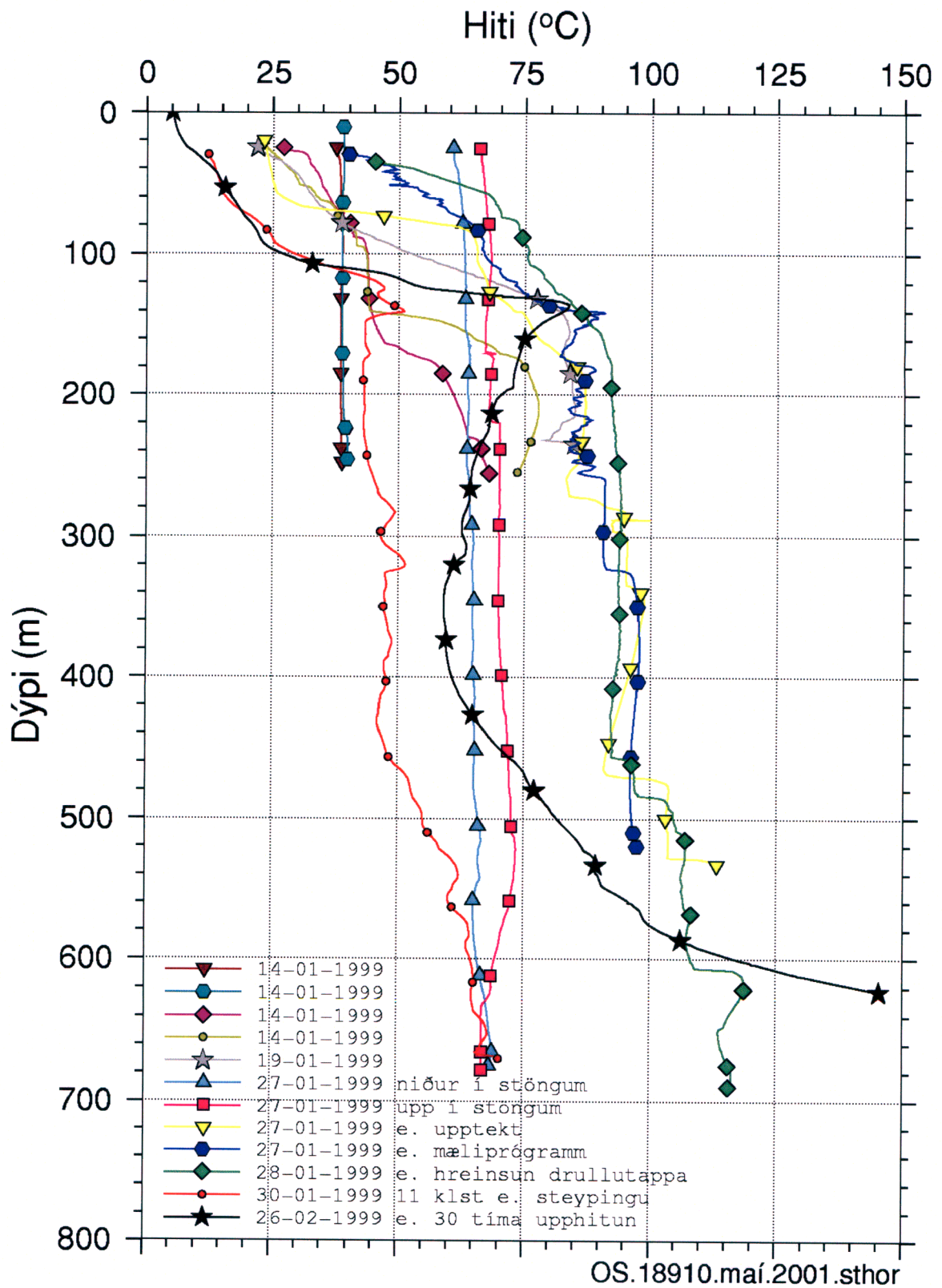
Borholumælingar í holu RN-10 voru með hefðbundnu sniði og tengdust í flestum tilfellum borlokum hvers áfanga, þ.e. um er að ræða hitamælingar, bæði í stöngum og í opinni holu, jarðlagamælingar, steypumælingar og þrepaprófun. Þrepaprófunin var tvískipt, stutt prófun áður en leiðari var settur í holuna og síðan ítarlegri prófun gerð eftir að borinn hafði verið fluttur af holunni. Auk þessara mælinga var hitamælt vegna krónuskipta (14. febrúar), auk þess sem háhitamælingar, voru gerðar í holunni eftir borlok. Tafla í viðauka 3 sýnir hvenær mælingar voru gerðar í holunni fram yfir þrepaprófanir. Yfirlit um mælingar er jafnframt að finna í áfangaskýrslum, en þar er mælingasagan rakin. Hér verður hins vegar teknar saman þær upplýsingar sem lesa má úr mælingunum.

Niðurstöður hitamælinga (sjá myndir 15 og 16) sýna að lítið er um æðar í fyrstu 2 áföngunum (700 m), en þar fyrir neðan (frá um 720 m) eru merki um millirennslu niður í aðalæð (æðar) holunnar sem er á 1940–1960 m dýpi. Nánar er fjallað um vatnsæðar og notkun hitamælinga við dýpisákvörðun þeirra í kafla 5.1 (Staðsetning vatnsæða).

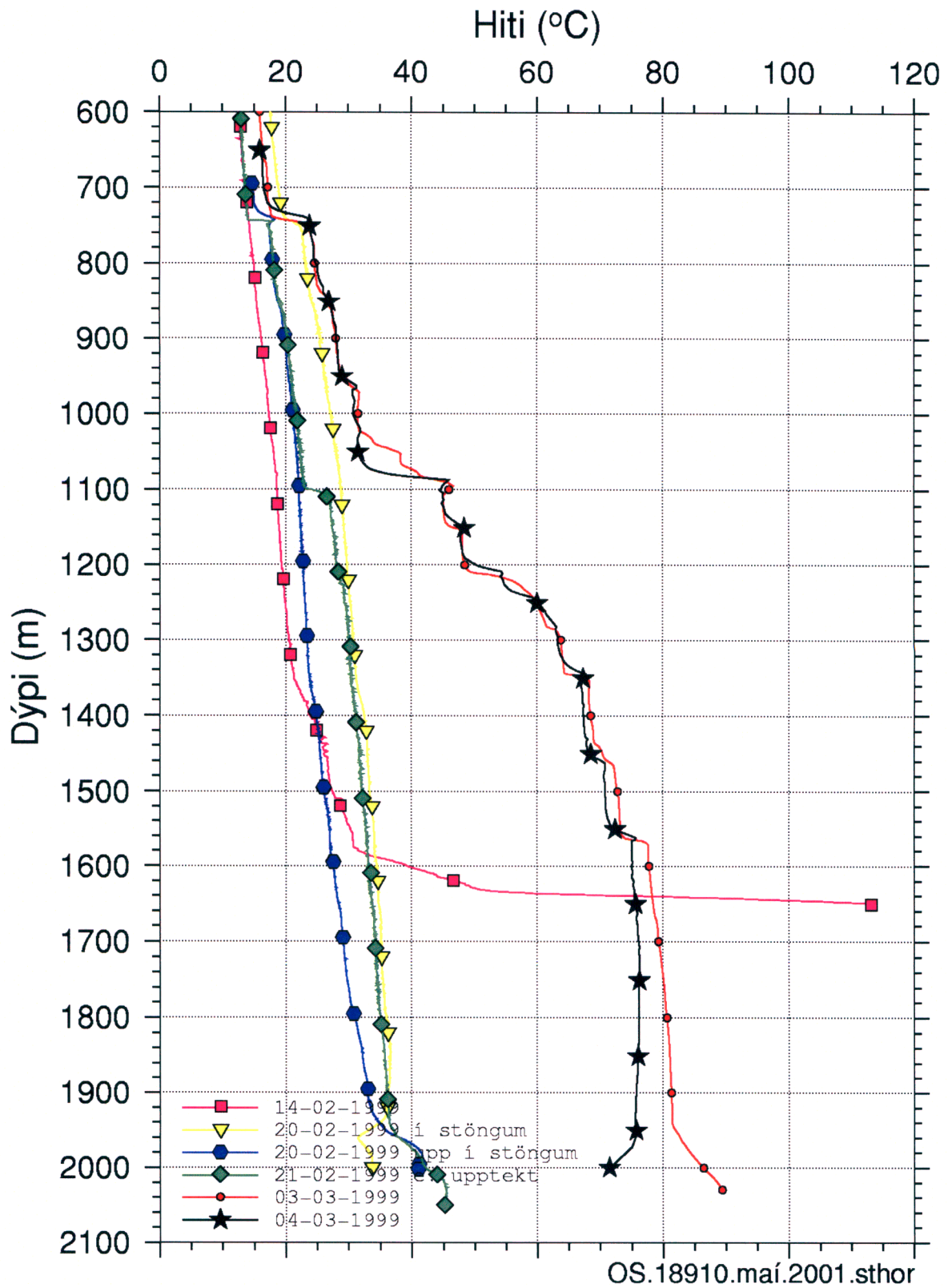
Fyrsta háhitamælingin var gerð 26. febrúar 1999, eftir stöðuga ádælingu, 20–30 l/s, í nokkra daga, en síðan var slökkt á henni um 30 tímum fyrir mælinguna. Síðan var farið sex sinnum til að hita- og þrýstimæla (með háhitamælum) á næstu tveimur árum, sjá töflu 6. Á mynd 18 eru hitamælingarnar ásamt áætluðum berghita sýndar, en á mynd 19 eru þrýstimælingarnar ásamt áætluðum upphafsþrýsting sýndar.

Tafla 6. Yfirlit yfir háhitamælingar í holu RN-10.

Dagsetning	Mæling	DÝPTARBIL (M)	Mælir	Athugasemdir
26-02-1999	Hiti	600–2030	K10239	
15-03-1999	Hiti	200–2025	K10239	
15-03-1999	Þrýstingur	0–2028	K10633	
12-04-1999	Hiti	200–2027	K10239 K10275	Mælir K10239 lak í mælingu.
12-04-1999	Þrýstingur	100–2027	K10633	
28-12-1999	Hiti	400–2025	K10275	
28-12-1999	Þrýstingur	0–2027	V3903	
13-03-2001	Hiti	400–2027	K10275	
13-03-2001	Þrýstingur	0–2028	K10630	
17-01-2002	Hiti	0–125	GO-04	
17-01-2002	Hiti	125–300	K-10149	
17-01-2002	Hiti	300–1110	KV2560	Fyrirstaða 1110 m
17-01-2002	Þrýstingur	0–1080	K10630	



Mynd 15. Hitamælingar niður að 700 m dýpi í RN-10.



Mynd 16. Hitamælingar í vinnsluhluta RN-10.

Víddar- og jarðlagamælingar í holu RN-10 eru sýndar á mynd 5 ásamt svarfgreiningu, borhraða o.fl. Víddarmælingar í 1. áfanga sýndu að holan var að mestu slétt, utan skápa milli 70 og 110 m dýpis. Fór mælirinn í fullt útslag (tæpar 30") milli 80 og 90 m. Í 2. áfanga varð hins vegar vart þrenginga í holunni á 520–540 m dýpi, þ.a. ákveðið var að fara niður með borkrónu og hreinsa holuna áður en fóðring var sett niður. Víddarmæling sem gerð var eftir hreinsunina sýndi að hreinsunin bar tilætlaðan árangur, þó enn vottaði fyrir þrengingu á um 530 m dýpi. Víddarmælingar í vinnsluhlutanum sýna að neðan vinnslu-fóðringar niður á um 1100 m dýpi er holan nokkuð sporöskjulaga, en er að öðru leyti án verulegra fráviks.

Jarðlagamælingar í RN-10 gengu þokkalega, en þó tókst ekki að fá viðnámsmælingu fyrir 64" skautabil í 1. áfanga.

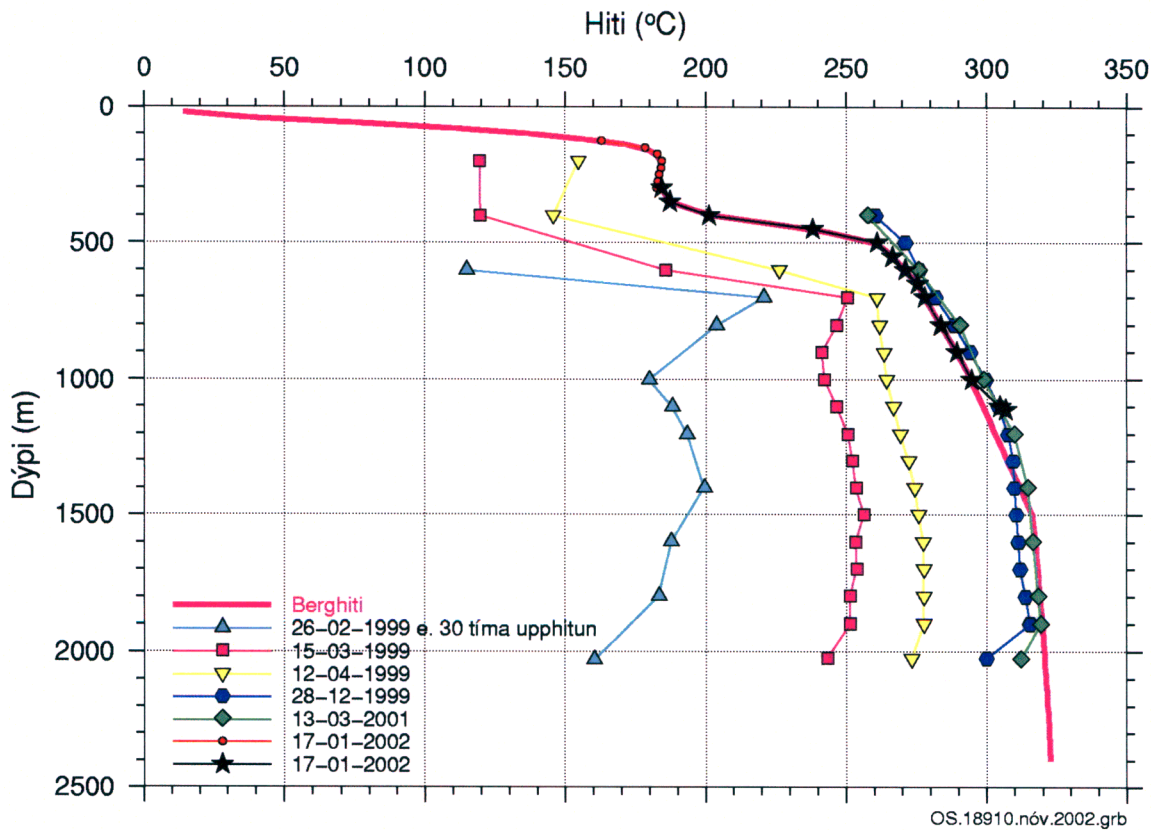
Mælingar á steypubindingu voru gerðar í lok 1. og 2. áfanga, eftir að 18^{5/8}" og 13^{3/8}" fóðringar höfðu verið steyptar (sjá mynd 17). 18^{5/8}" fóðringin (251 m) var steypd í einu lagi, og tókst steypingin vel og steypubinding metin góð út frá CBL mælingu. Sömu sögu er að segja um 13^{3/8}" fóðringuna (691 m), nema að fylla þurfti upp í efstu ~30 m þar sem steypan seig örlítið.

6.1. Upphafshiti og –þrýstingur

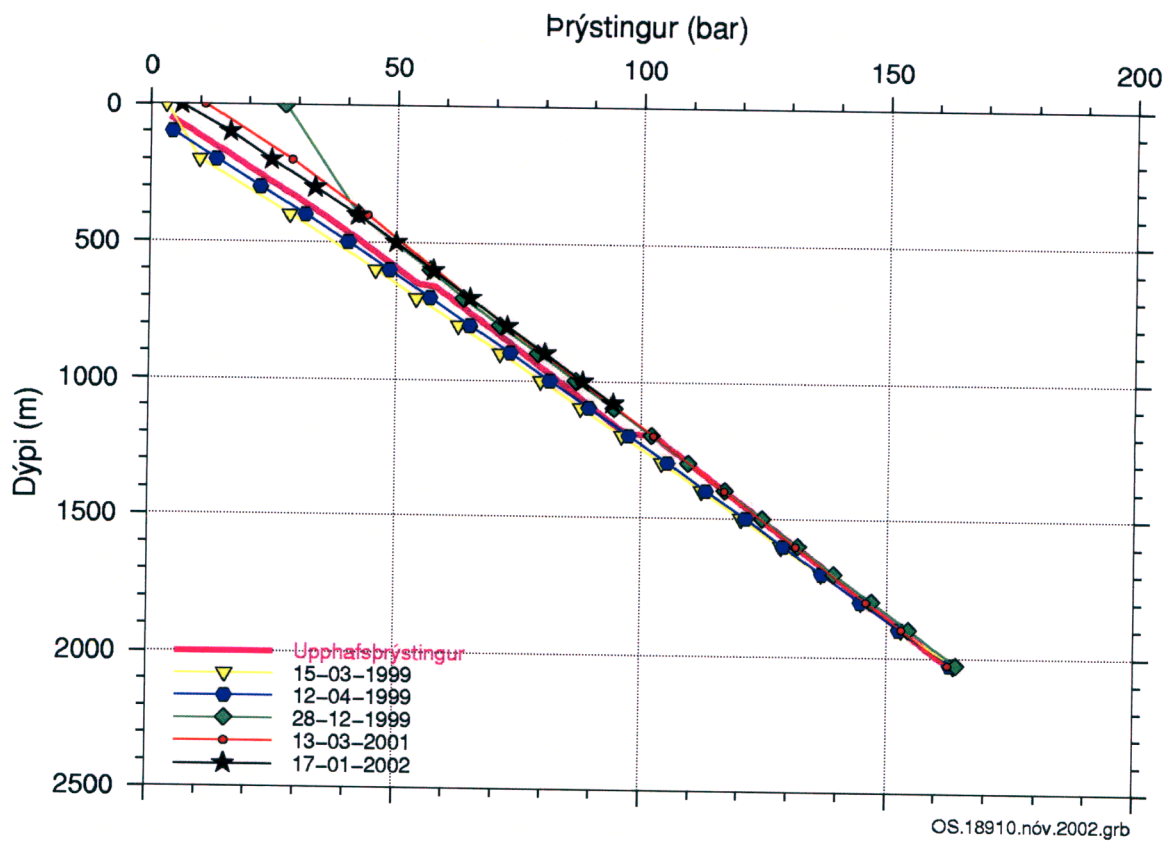
Myndir 18 og 19 sýna áætlaðan berghita og upphafsþrýsting holu 10, og tafla 7 geymir sömu upplýsingar í talnaformi. Til stóð að vinna þessa ferla með hefðbundnum hætti, en fljótlega kom í ljós að slíkt gekk ekki. Hóla 10 er nefnilega um margt óvenjuleg í hita- og þrýstihegðun, holuvökvinn saltur og mjög heitur, auk þess sem hola er með mun hærri hita og þrýsting en nágrannar hennar númer 8 og 9. Til að mynda virtist strax sem hola væri yfirþrýst og þá túlkunaratriði hvort þétt lok væri á jarðhitakerfinu, sem héldi niðri þrýstingnum, eða hvort vökvasúlan ofan jarðhitakerfisins væri óvenju köld og þá niður á mikið dýpi. Þá flæktust áhrif sjávarseltu fyrir mönnum og varð ekki úr leyst fyrr en búin var til ástandsjafrna eðlisþyngdar og þrýstings fyrir seltustig sjávar, og sjálfur TOUGH2 vakinn af værum blundi til þessa, ástandsjafrna EOS7. Áður var gengið úr skugga um að selta jarðsjávarins á Reykjanesi væri 12% af seltu staðalpækilsins í TOUGH2 (Jón Örn Bjarnason, munnlegar upplýsingar, 2001). Af þessu öllu spruttu töflur, margliður, forrit og skeljar sem enduðu í eftirfarandi mati á upphafsástandi jarðhitakerfisins og ofanáliggjandi grunnvatns.

1. Hiti og þrýstingur í efstu 30 m jarðar fylgja því sem mælist í skolvatnsholu SH-02 (staður 18932), skammt frá holu 10. Hóla er rétt um 30 m djúp, ofan til vinnur hún úr blandlagi grunnvatns og sjávar, en endar í fullsöltum sjó. Vatnsborð holunar er á rúmlega 10 m dýpi (Þórólfur H. Hafstað, munnlegar upplýsingar).
2. Berghiti frá 30 m í tæpa 1100 m er síðan talinn sá sami og í mælingum 17. janúar 2002, en þá hafði hola staðið full en undir lágum þrýstingi í nokkra daga. Það tryggði að hiti innan fóduringar væri í samræmi við berghitann, en ekki of hár eins og gerðist í desember 1999 og mars 2001 þegar blætt var u.þ.b. 60 bara gasþrýstingi af holu-toppinum í nokkrar klukkustundir og síðan mælt.
3. Talið er að sjávarsetlög á 450–685 m dýpi myndi þakberg fyrir jarðhitakerfið. Æð á u.þ.b. 700 m dýpi í holu 10 gaf hraustlega inn í holuna í upphitun og rann sá vökvi niður til botnæðarinnar á 2000 m. Síðan dregur af þessu niðurrennsli og virðist það hætt í hitamælingunum frá því í desember 1999 og mars 2001. Eftir það er upprennslitálið hefjast úr botnæðinni til æðar á 1100 m dýpi. Af þessu er dregin sú ályktun að miðhluti holunnar sé ekki í þrýstijafnvægi við botnæðina, heldur lítillaga undirþrýst.
4. Hóla virðist síðan fylgja suðumarksferli frá því neðan til í fóduringunni og niður fyrir u.þ.b. 1000 m dýpi. Smíðað var sérstakt forrit til að reikna réttan suðumarksferil fyrir hana á þessum dýpiskafla, þar sem holuvökvinn er saltur. Forritið heitir *rnas-boilcurve* og er vistað á */os/grb/reykjanes/tough*. Þessi reiknaði ferill hita og þrýstings er látinn gilda milli 650 og 1100 m dýpis og byrjar í 40 m hæð yfir jörðu.
5. Neðan 1100 m gildir svo mældur þrýstiferill frá 13. mars árið 2001. Hér er rétt að nefna að allir mældu þrýstiferlarnir skerast á u.þ.b. 2000 m dýpi, við botnæð holunnar. Þumal fingursregla segir þá að þarna finnist einnig gjöfulusta æð holunnar.
6. Hiti neðan 1100 m fylgir einnig að mestu hitamælingu frá því í mars árið 2001. Undanskilinn er þó viðsnúningur hita í botni, sem ekki er trúað hér, heldur er hann talinn stafa af kælingu í borun.
7. Loks er ágískaði hitinn milli 30 og 650 m dýpis, ásamt reiknaðri eðlisþyngd sjávar við mismikinn hita, notuð til að reikna þrýstiferill á sama dýpisbili.

Sem fyrr segir sýna myndir 18 og 19 þessa áætluðu ferla hita og þrýstings í holu 10, ásamt mældum ferlum. Mjög athyglisvert er hve hola 10 er miklu heitari en holur 8 og 9 á Reykjanesi (>315°C í stað 285–295°C) og með hærri þrýsting. Eins að þörf sýnist á þakbergi í jarðhitakerfinu annars vegar milli grunnvatnsins í efstu 60 m og miðæðanna, en hins vegar milli miðæðanna og æðarinnar í holubotni. Er það til að skýra háan djúpþrýsting. Hugsanlega fylgir miðja jarðhitakerfisins á Reykjanesi suðumarksferli niður á mun meira dýpi en 1000 m, e.t.v. niður fyrir 2000 m. Þessi niðurstaða kallar á ákveðna endurskoðun núverandi hugmyndalíkans af svæðinu og felur nær örugglega í sér að vinnslugeta svæðisins er meiri en nú er talið. Rétt þykir að bíða blásturs holunnar og efnasamsetningar áður en sú endurskoðun fer fram.



Mynd 18. Áætlaður berghiti holu RN-10.



Mynd 19. Áætlaður upphafsbrýstingur holu RN-10.

Tafla 7. Gildi berghita og upphafsþrýstings í holu RN-10.

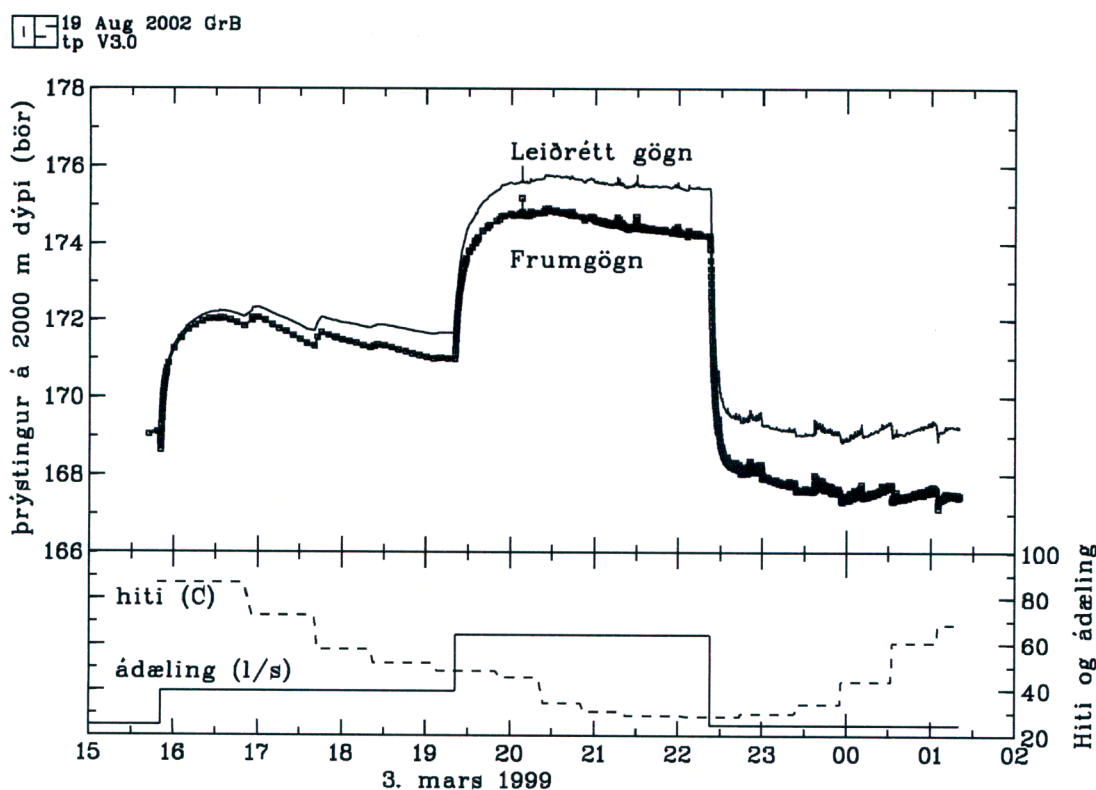
Dýpi (m)	Hiti (°C)	Þrýs. (bör)	Dýpi (m)	Hiti (°C)	Þrýs. (bör)	Dýpi (m)	Hiti (°C)	Þrýs. (bör)	Dýpi (m)	Hiti (°C)	Þrýs. (bör)
20	14.1	1.0	620	272.7	52.19	1220	303.9	103.95	1820	319.3	147.38
40	38.1	2.9	640	274.4	53.71	1240	304.8	105.40	1840	319.5	148.81
60	75.8	4.7	660	275.8	58.0	1260	305.7	106.84	1860	319.7	150.25
80	111.5	6.6	680	276.9	59.5	1280	306.5	108.29	1880	319.8	151.68
100	137.1	8.46	700	277.9	61.1	1300	307.4	109.74	1900	320	153.12
120	156.9	10.25	720	279.0	62.6	1320	308.3	111.19	1920	320.1	154.58
140	171.8	12.04	740	280.2	64.1	1340	309.2	112.64	1940	320.3	156.04
160	179.9	13.81	760	281.3	65.6	1360	310.0	114.08	1960	320.4	157.49
180	182.8	15.58	780	282.5	67.1	1380	310.9	115.53	1980	320.5	158.95
200	184.0	17.35	800	283.6	68.5	1400	311.8	116.98	2000	320.7	160.41
220	184.1	19.12	820	284.7	70.0	1420	312.7	118.43	2020	320.8	161.87
240	183.7	20.89	840	285.9	71.5	1440	313.6	119.89	2040	320.9	
260	183.3	22.66	860	287.0	73.0	1460	314.4	121.34	2060	321.1	
280	183.4	24.42	880	288.2	74.4	1480	315.3	122.8	2080	321.2	
300	184.3	26.19	900	289.3	75.9	1500	316.2	124.25	2100	321.3	
320	185.5	27.95	920	290.3	77.4	1520	316.4	125.70	2120	321.4	
340	186.8	29.71	940	291.4	78.8	1540	316.7	127.16	2140	321.6	
360	190.2	31.45	960	292.4	80.3	1560	316.9	128.61	2160	321.7	
380	195.7	33.18	980	293.5	81.7	1580	317.1	130.07	2180	321.8	
400	202.9	34.90	1000	294.2	83.1	1600	317.3	131.52	2200	322.0	
420	216.1	36.55	1020	295.1	84.6	1620	317.5	132.96	2220	322.1	
440	230.7	38.19	1040	296.0	86.0	1640	317.7	134.40	2240	322.2	
460	242.7	39.80	1060	296.9	87.4	1660	317.9	135.85	2260	322.3	
480	251.9	41.37	1080	297.7	88.8	1680	318.1	137.29	2280	322.4	
500	259.7	42.94	1100	298.6	90.2	1700	318.2	138.73	2300	322.5	
520	263.2	44.50	1120	299.5	91.6	1720	318.4	140.17	2320	322.6	
540	265.4	46.05	1140	300.4	93.0	1740	318.6	141.61	2340	322.7	
560	267.4	47.59	1160	301.3	94.4	1760	318.8	143.06	2360	322.7	
580	269.2	49.13	1180	302.1	95.8	1780	319.0	144.50	2380	322.8	
600	271.0	50.66	1200	303.0	102.5	1800	319.2	145.94	2400	322.9	

6.2. Þrepaprófun holu RN-10

Hola RN-10 var þrepaprófuð þann 3. mars 1999 og fram á aðfaranótt þess 4. Höfðu þá liðið rétt um 9 sólarhringar án þess að dælt væri í holuna og tíminn nýttur til að flytja Jötunn af borplaninu. Dælt var í 4 þrepum á þann hátt að:

- Byrjað var að kæla holuna með 24,5 l/s ádælingu um kl 12 ??? þann 3. mars.
- Sambyggðum hita- og þrýstimæli slakað í 2000 m. Þarna var talin besta vatnsæð holunnar. Komið var í dýpið um kl 15:30, tólin síðan höfð kyrr þar meðan þrepaprófið stóð yfir
- Rennsli var aukið úr 24,5 í 39,5 klukkan 15:50
- Rennsli var aukið úr 39,5 í 64 l/s klukkan 19:19
- Rennsli var minnkað úr 64 í 24,5 l/s klukkan 22:22
- Ádælingu var hætt upp úr klukkan 2 aðfaranótt 4. mars.

Á meðan að hita- og þrýstimælarnir dvöldu í holunni var þrýstingur skráður nánast samfelld utan að nokkrum sinnum var skipt yfir í örstutta hitamælingu. Sú skráning var síðan sett jafnharðan inn í mæliforrit þrýstimælisins og þannig leiðrétt fyrir áhrifum hitabreytinga. Mynd 20 sýnir gögnin sem söfnuðust.



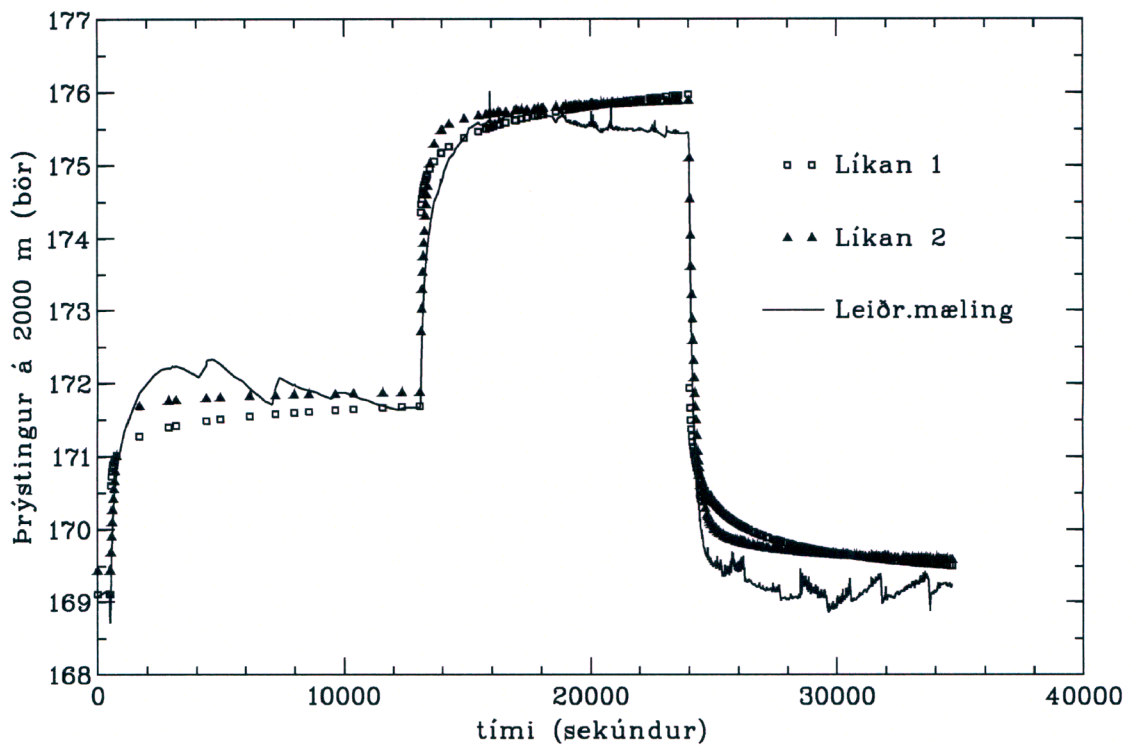
Mynd 20. Þrýstingur og hiti á 2000 m dýpi í RN-10 og ádæling á holutoppinn.

Þrýstigögnin á mynd 20 eru óvenjuleg og að öllum líkindum verulega trufluð af hitaáhrifum. Þrýstingur hækkar hratt í byrjun þrepa en sígur síðan niður á við í seinni hluta þrepanna. Þá eru áberandi hök í þrýstingnum. Þau stafa af því að þá eru teknir hitaaflestrar og þannig leiðrétt fyrir áhrifum hita á kvörðun þrýstimælisins. Þrátt fyrir þessar leiðréttingar endar holuþrýstingurinn á að vera rúmu 1 bari lægri í lok prófunarinnar en hann var í upphafi, hvorutveggja í 24,5 l/s ádælingu. Hér er talið að holan hafi ekki örvast umtalsvert við prófunina, heldur gæti fremur áhrifa hita og seigju vatns sem ádælingin flytur til í jarðhitageyminum. Því er líklegt að í byrjun prófsins séu þrýstiviðbrögðin einkennandi fyrir seigju kalda vatnsins sem er að hefja leið sína út í mjög heitt jarðhitakerfið. Eftir því sem líður á prófunina tekur hins vegar að myndast kaldur blettur umhverfis holuæðina og leiðir það til þess að seigja heita vatnsins utan við blettinn stjórni þá meiru um þrýstiviðbrögðin.

Gerð var tilraun til að leiðrétta gróflega fyrir þessum áhrifum seigju með því að snúa þrýstigögnunum á mynd 20 um upphafsgildi þrýstings kringum kl 15:30. Slegið var á að áhrif seigjubreytinga megi leiðrétta þannig að þrýstingur hækki línulega um 0,003 bör á mínútu, allt til loka prófunarinnar. Leiðréttingin verður þá mest um 1,8 bör eftir tæplega 10 klst kælingu æðarinnar. Hér er þó ekki öll sagan sögð, því auk þess sem seigja vatns í 2000 m æðinni breytist, eru líka sveiflur í því vatnsmagni sem æðar ofar í holunni leggja til heildarrennslisins á 2000 m dýpi. Engin leið er að leiðrétta fyrir því, að svo stöddu.

Að fenginni leiðréttingu þrýstigagnanna fyrir hita og seigjubreytingum, lá næst fyrir að túlka þrepaprófið með hefðbundinn aðferð óendanlegs, lárétts geymis sem er lokaður að ofan og neðan (Theis líkan). Annarsvegar var beitt aleinfaldasta líkani þar sem einungis var ítrað fyrir vatnsleiðni og rýmd jarðhitakerfis. Hins vegar var holunni leyft að hafa tregðu og holurýmd til viðbótar fyrri stærðunum tveimur og þannig vonast til að eyða megi nærholuáhrifum. Mynd 21 sýnir samræmi mældra og reiknaðra gagna fyrir þessi tvö líkön og tafla 8 dregur saman tölulega eiginleika líkananna sem herma gögnin.

Tvennt vekur strax athygli við skoðun töflu 8. Í fyrsta lagi að u.þ.b. stærðarþreps munur er á milli vatnsleiðni og vatnsrýmdar í líkönunum tveimur. Í öðru lagi að tregða reiknast mjög há í líkani 2. Þessi stærð er reyndar í meira lagi dularfull í holu RN-10 sökum þeirra miklu hita- og seigjubreytinga sem urðu í þrepaprófinu. Má vera að seigjubreytingar skapi þennan háa tregðustuðul sem síðan fer lækkandi eftir því sem líður á prófið og heiti hluti jarðhitakerfisins tekur að stjórna þrýstiviðbrögðum holunnar.



Mynd 21. Samræmi mældra og reiknaðra gilda í þrepaprófi holu RN-10.

Tafla 8. Eiginleikar geymislíkana sem herma þrepapróf holu RN-10.

Líkan nr.: 1

1. Upphafsprýstingur, pi (bar)	1.69105E+02
2. Vatnsleiðni, T (m**3/Pa/s)	6.90779E-08
3. Vatnsrýmd, S (m/Pa)	2.18265E-08

Líkan nr.: 2

1. Upphafsprýstingur, pi (bar)	1.69425E+02
2. Vatnsleiðni, T (m**3/Pa/s)	1.84206E-07
3. Vatnsrýmd, S (m/Pa)	2.28756E-07
4. Tregðustuðull, s	1.20129E+01
5. Holurýmd, CD	3.64745E+02

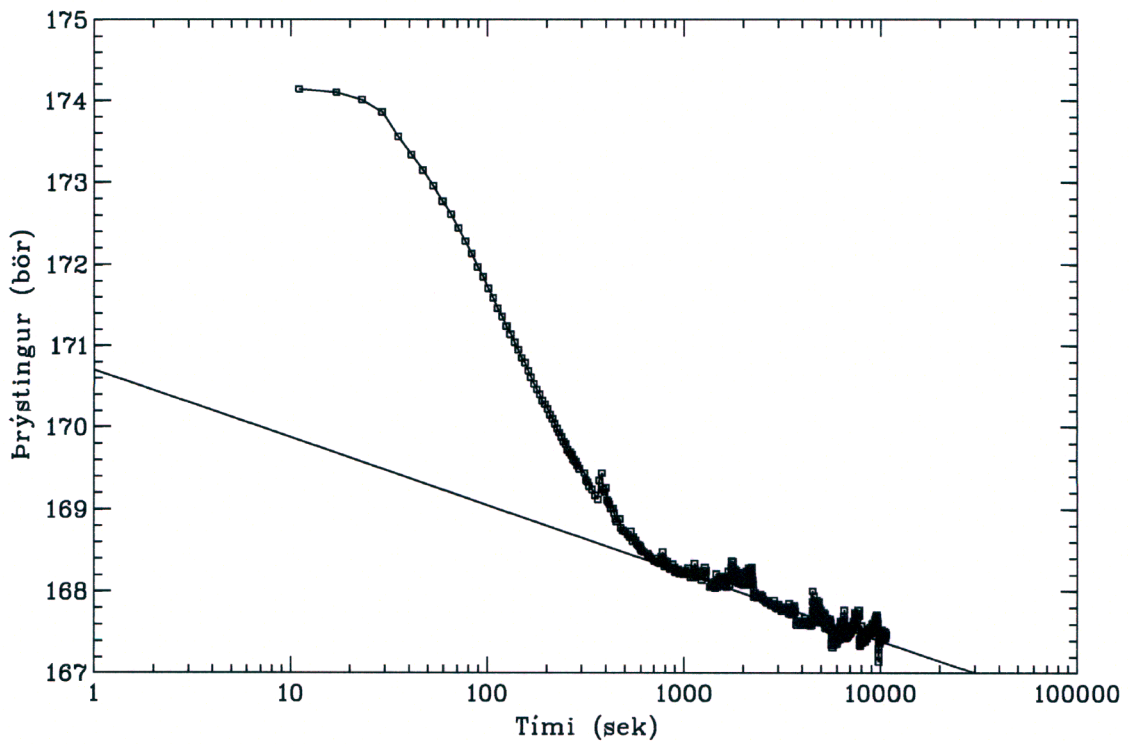
Hægt er að túlka sérstaklega þrýstifallið í lok þrepaprófunar þegar ádælingin fer úr 64 í 24,5 l/s. Er þá gert ráð fyrir að kaldur blettur sé kominn umhverfis holuæðina og áhrif hita- og seigjubreytinga því margfalt minni en þegar horft er til alls prófsins. Teiknaðar eru myndir 22 og 23 þar sem mynd 22 sýnir þrýstibreytingar með lógariþma af tímanum meðan mynd 23 sýnir þrýstibreytingar með lógariþma af svonefndum Horner tíma. Tilgangurinn er sá sami í báðum líkönum, að ákvarða hallatölu beinnar línu gegnum punktastafnið. Hallatöluna, m, má síðan vensla við vatnsleiðnina, T, með jöfnunni: $T = kh/\mu = 2.303 q / (4 \pi \rho m)$ þar sem k er raunlekt jarðhitakerfisins (m^2), h er þykkt geymisins

(m), μ er kvikseigja vatnsins sem þrepaprófið ýtir til (kg/m/s), q er ádælingin (kg/s) og ρ er eðlisþyngd vökvans sem fer út í 2000 m æðina (kg/m³). Hér spanna eðlisþyngdin og seigjan hitasviðið 30 til 300 °C og er ekki einfalt að velja eina tölu fyrir hvoru tveggja. Valin var eðlisþyngdin 990 kg/m sem einkennir 50°C vatn og seigjurnar 0,00055 (við 50°C) og 0,00008 kg/m/s (við 320°C) sem möguleg útmörk seigju. Að því búnu var smalað saman í töflu 9 öllum vatnsleiðniígildunum sem fengin voru úr fjórum ofangreindum aðferðum og tveimur seigjum.

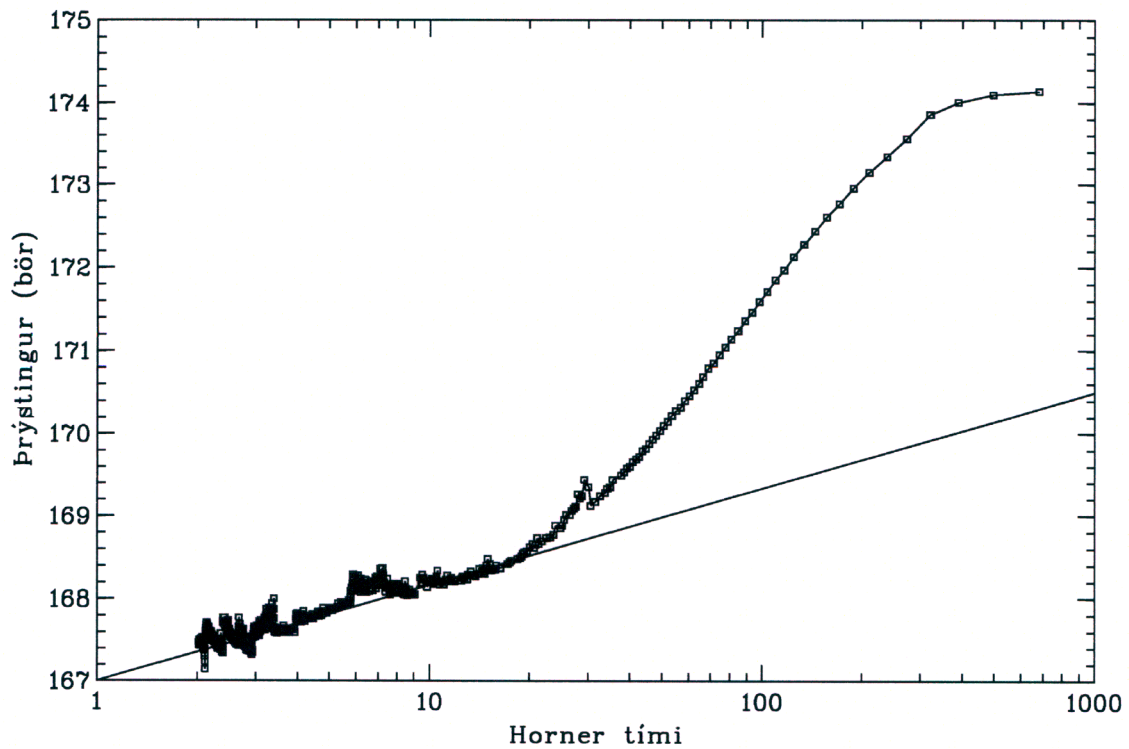
Tafla 9. Vatnsleiðni og margfeldi lektar og þykktar í RN-10 út frá 4 aðferðum forðafræðinnar. Einingin Dm vísar til Darcy-metra sem samsvarar u.þ.b. að $k \cdot h$ sé 10^{-12} m^3 .

Líkan	Hallatala, m (Pa/eitt log bil)	Vatnsleiðni, T (m ³ /Pa/s)	kh við 50 °C Dm	kh við 320°C Dm
Theis, no 1		6.9 x10 ⁻⁸	38	5.5
Theis, no 2		18.4 x10 ⁻⁸	101	14.7
Jöfnun, venj.tími	0.88x10 ⁵	8.4 x10 ⁻⁸	46	6.7
Jöfnun, Horner	1.16 x10 ⁵	11.0 x10 ⁻⁸	60	8.7
Meðaltal		11.1 x10⁻⁸	61	8.9

Svo sem sjá má af töflu 9 fæst tiltölulega jöfn dreifing í vatnsleiðninni T, meðan verulegu máli skiptir hvaða seigja er valin til að reikna margfeldi lektar og þykktar, kh. Ef lægri gildin eru valin, u.þ.b. 10 Dm, má þá hafa til samanburðar að sama stærð er metin um 2,5 Dm að meðaltali í Kröflu (Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 1999: *Krafla, hola KJ-33. 3. áfangi: Borun fyrir vinnsluhluta í 2011 m dýpi*. Orkustofnun, OS-99072). Lekt telst því allgóð við 2000 m æðina í holu RN-10 og góðar líkur til að hún verði aflmikil í blæstri, hvort sem litið er til langs eða skamms tíma.



Mynd 22. *Prýstijöfnun holu RN-10 í lok þrepaprófs sem fall af lógariþma tímans.*



Mynd 23. *Prýstijöfnun holu RN-10 í lok þrepaprófs sem fall af lógariþma Horner tíma, þ.e. tíminn sem er liðinn frá því að 64 l/s þrepið hófst, deilt með tímanum sem er liðinn frá því að þrepinu lauk.*

7. UMRÆÐA

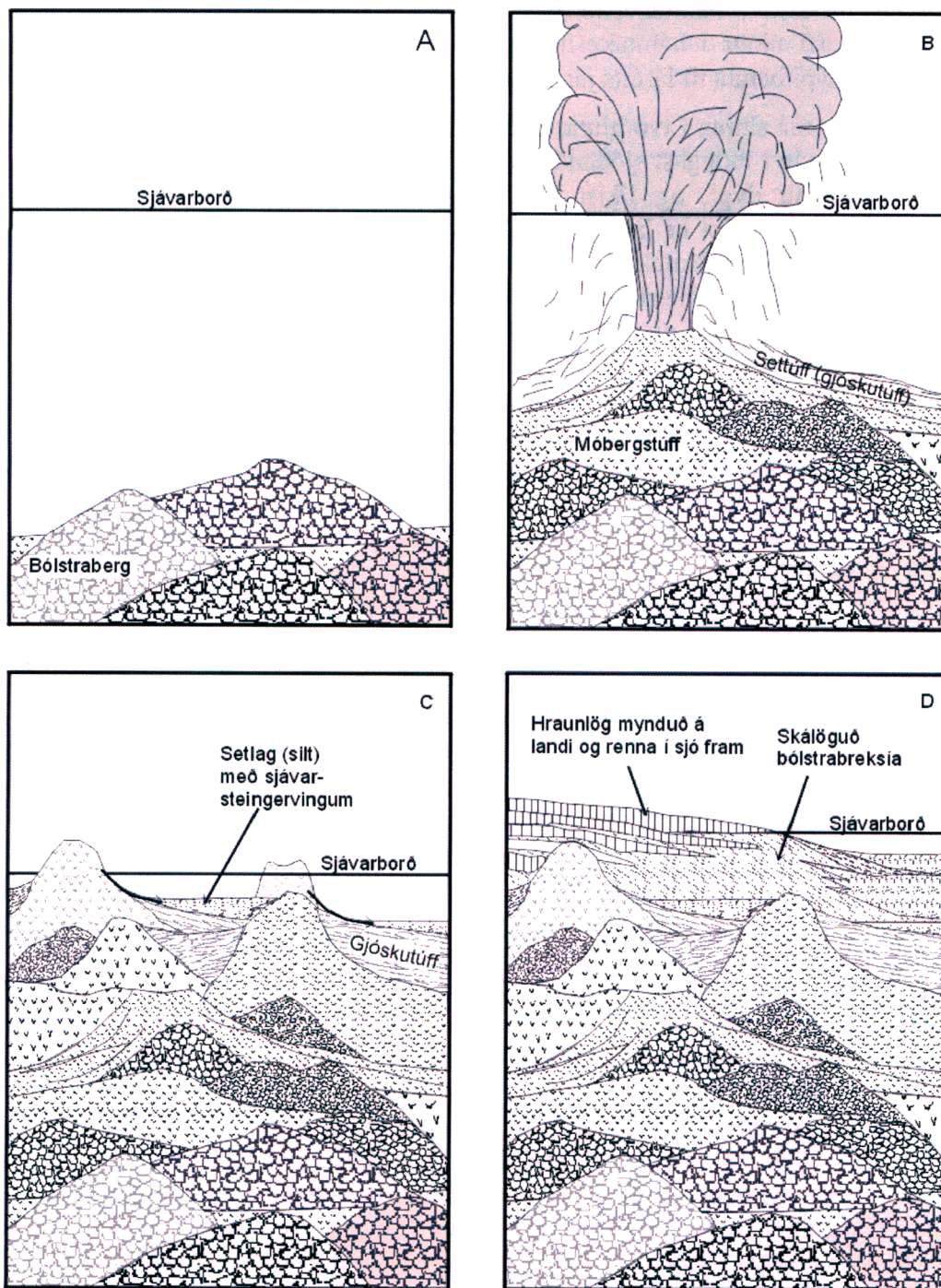
7.1. Einkenni jarðlagastaflans

Jarðlagastaflinn sem RN-10 var boruð í gegnum er í veigamiklum atriðum frábrugðinn þeim stafla sem hýsir jarðhitakerfin í Svartsengi og Eldvörpum. Á síðarnefndu svæðunum ber mest á hraunlagabeltum (hlýskeyðum) aðskildum af móbergseiningum (jökulskeyðum). Á Reykjanesi er mun meira af setlögum, gjóskutúffi, móbergstúffi og bólstrabergi, og miklu minna af hraunlögum. Í raun er vafamál hvort nokkrar eiginlegar hraunlagasyrpur (sem merki um hlýskeyð) séu til staðar neðan 350 m dýpis.

Á mynd 24 er sett fram líkan af myndun jarðlagastafla Reykjanesssvæðisins. Á A-hluta myndarinnar er því haldið fram að yfirborð jarðlagastaflans sé það langt undir yfirborði að í eldgosum verði afgösun kviku takmörkuð vegna vatnsþrýstings, sem leiðir til að bólstraberg verður ráðandi berggerð. Ekki verður vart mikilla setlaga, sem líklegast bendir til að svæðið liggi hærra en nágrennið. Jarðlög hlaðast upp í áframhaldandi eldgosum á rekhryggnum, og vatnsþrýstingur minnkar er nær dregur sjávarborði. Það leiðir til þess að afgösun kviku verður hraðari, sem síðan veldur keðjuverkun gas- og gufusprenginga og eldgos verða meira í Surtseyjarstíl (myndhluti B). Gosefnin verða meira túff og gjóskutúff. Myndhluti C sýnir þann tíma þegar land er tekið að rísa úr sjó, umlukið grunnsævi og öflugum sjávarrofi. Eiginleg setlög finnast sem rof úr einstökum móbergsmýndunum og í þeim er að finna steingerðar sjávarlífverur, sem kjörlendi eiga í <50 m sjávardýpi. Myndhluti D sýnir þær aðstæður sem ríkja í dag; eldgos verða ofan sjávarborðs, og frá gosstöðvum renna hraunlög. Þegar þau renna í sjó fram mynda þau lög af skálaga bólstrabergsbreksíu. Eins og sagt var hér að framan þá eru gögnin ekki einhlýtt um hvort finna megi hraunlagabelti í neðri hluta holunnar eða ekki. Óbeint má þó álykta á eftirfarandi hátt að svo sé ekki: Nokkuð öruggt má telja að jarðlagastaflinn ofan u.þ.b. eins kílómetra dýpis lýsi jarðlagaupphleðslu sem nálgast sjávarborð með tilheyrandi túff-, gjósku- og setmyndun. Ef túlka á basaltstaflann í neðri hluta holunnar sem hraunlög, verður einnig að gera ráð fyrir að svipuð þróun í upphleðslu hefði orðið, þ.e. set, gjóska og túff áður en kæmi að hraunlögum á ný. Merki um slíkt sjást ekki. Önnur vísbending kemur úr ummyndun. Epidótmagn var metið með talningu af svarfspjaldi (mynd 8). Epidót reyndist algengast sem blöðrufylling og er á þann hátt vísbending um blöðrumagn í berginu. Í hraunlögum er blöðrumagn breytilegt frá því að vera hátt í karga hraunlagsins en í miðju og nær botni lags er bergið mun þéttara. Þessi breytileiki ætti að skila sér í breytilegu magni epidóts. Slíku er ekki til að dreifa þar sem magn þess er bæði mikið og jafnt, bæði í þeim hluta berglagastaflans sem örugglega er bólstraberg og ekki síður í þeim hluta sem mögulega gætu túlkast sem hraunlög. Ekki er þó unnt að útiloka þann möguleika að mislægi gæti leynst í jarðlagastaflanum neðan um 1000 m dýpis, þar sem neðan þess gæti verið að finna fornan jarðlagastafla sem uppruna sinn ætti að rekja til “annarra” rekbeltisaðstæðna ofan sjávarborðs, þau berglög hafi síðan sunkað niður fyrir sjávarmál við núverandi rekbeltaaðstæður og kaffærst af yngri gosmyndunum mynduðum neðan sjávarmáls.

Vísbendingar um innskot fundust aðeins á 9 stöðum í holunni. Hitaummyndun við jaðra fjögurra þeirra gefur sterkar vísbendingar um að þau séu berggangar. Eðlilegt er að gefa sér að stefna þeirra sé ráðandi NA-SV, þótt einnig sé N-S stefna möguleg. Slík niðurstaða er þýðingarmikil þar sem svo virðist sem lekt í jarðhitageyminum tengist að hluta til þessum

basaltinnskotum. Á svipaðan máta má álykta að það sprungubelti, sem holan sker neðan 1900 m dýpis, liggi eftir sprungu með svipaðri stefnu.



Mynd 24. Möguleg þróun á jarðlagastafla háhitasvæðisins á Reykjanesi. Sjá texta til frekari skýringa.

7.2. Einkenni ummyndunar

Áhugaverðar hugmyndir er unnt að setja fram út frá niðurstöðum rannsóknar á ummyndun og fyrri vökvabólurannsókn (Hjalti Franzson 2000b). Í fyrsta lagi er unnt að sýna fram á að holan kemur ekki í háhitakerfið fyrr en neðan 500 m dýpis, og að skilin frá volgu grunnvatnskerfi niður í háhitakerfið eru afar skörp. Jarðhitaummyndun og hitafrávik á 100–200 m dýpi benda til lárétts jarðhitaafrennslis frá miðju svæðisins í suðri.

Háhitakerfinu má skipta í tvo hluta; frá um 600 m og niður að um 1400 m dýpi fylgir það suðuferli og er því líklegast sjóðandi. Neðan þess er hitinn neðan suðuferilsins og hækkar lítið með auknu dýpi, og líkist þar vatnskerfi í lóðréttu hræringarástandi. Lóðréttir lekastrúktúrar, sem lýst er hér að ofan, eru í fullu samræmi við þá túlkun. Ummyndun samræmist þó ekki jarðhitakerfinu að öllu leyti. Ber það fyrst að nefna að útfellingar í blöðrum eru minni en búast hefði mátt við í háhitakerfi. Sérstaklega kemur á óvart að blöðrurými er ekki fyllt í grennd við nokkra af lekastöðunum, en gerð var grein fyrir því í kafla 5.1, að steindir falli gjarnan út úr jarðhitavökva við rennsli hans úr einu umhverfi í annað. Ein leið til að skýra þetta ætlaða misræmi væri að benda á þann möguleika að hreyfing vökvans í lekastrúkúrunum hafi verið takmörkuð, alla vega þar til holan myndaði tengingu, enda benda borholugögnin til þess að flestar þessara æða séu smáar. Önnur skýring gæti einnig átt við, en hún er sú að ætla má að útfellingar í lághitakerfinu til hliðar við háhitakerfið séu mun minni en innan háhitakerfisins, og að holan sé að fjarlægjast miðbik háhitakerfisins og komin nærri jaðri þess. Vísbendingar um takmarkað flæði má einnig sjá á hve leir er tregur til að breytast úr blandlagi í klórít, jafnvel þótt hiti sé kominn allt upp undir 300°C og bergið með tiltölulega háan poruhluta.

En það er unnt að skoða Reykjaneskerfið í víðara samhengi, samtengja gögnin innan kerfisins og bera þau síðan saman við önnur nálæg svæði. Tímavensl útfellinga í holu 10 sýna fremur einfalda röðun, sem bæði bendir til ungs aldurs sem og að núverandi ummyndun er í jafnvægi við núverandi berghita. Lögun berghitaferilsins bendir til hræringakerfis; þ.e. að heitur vökvi leitar frá hitagjafanum neðan holunnar og upp og hitar upp jarðlögin á því dýptarbili sem holan nær. Þessu er öðruvísi farið í hræringakerfum í Svartsengi og jafnvel Eldvörpum þar sem samanburður á ummyndun og núverandi berghitaferli staðfestir að jarðhitakerfin eru að kólna; þ.e. að hitagjafinn, sem jarðhitavökvinn flæðir um og nær í hita, er að kólna. Það gæti meðal annars þýtt að það bergrúmmál sem jarðhitavökvinn nær til er endanlegt, og þar með væntanlega einnig endanlegt dýpi. Ef þessi póll er tekinn í hæðina, er fróðlegt að bera saman berghitaferla í holum RN-8 og RN-9. Í þeim báðum eru ferlarnir svipaðir að því leyti að þeir fylgja suðuferli í efri hlutanum en sýna hræringarástand vatnskerfis í þeim neðri. Hiti í hræringahluta kerfisins er þó breytilegur, í holu 8 er hann um 290°C, og svipaður í holu 9, en í holu RN-10 er hann um 320°C (sjá töflu 7). Vökvabóluhiti mældur í útfellingum í holu 9 bendir til jafnvægis milli núverandi berghita og ummyndunar, sem segir svipaða sögu og í holu 10 þ.e. að engrar kólnunar hafi orði vart í hitagjafa kerfisins. Ef þessi ályktun er rétt væri við hæfi að leita svara við þeirri spurningu hvað hitamunur í hræringahluta kerfanna á milli holna fæli í sér með tilliti til dýpis hræringar. Vegna þess að samræmi er á milli ummyndunar og núverandi berghita ætti lægri hiti í hræringahlutanum að benda til að botn hræringakerfisins ætti að liggja grynna en þar sem hitinn er hærri. Það þýðir að grynna er á þann botn nærri holum 8 og 9 en í holu 10. Af því gæti leitt að hola 10 sé að fjarlægjast hitagjafann, ef við gefum okkur að hann sé einn.

8. SAMANTEKT OG HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Staðsetning borholu RN-10, sem er rannsóknarhola á Reykjanesi, var valin af Rannsóknasviði Orkustofnunar með það í huga að kanna eiginleika háhitakerfisins til vesturs. Hún er um 700 m vestan holu 9, og rétt við norðurjaðar Gráa lónsins. Holan var boruð af Jarðborunum hf. fyrir Hitaveitu Suðurnesja frá 6. desember 1998 til 26. Febrúar 1999. Borverkið gekk vel og tók alls 66 verkdaga. $13\frac{3}{8}$ " vinnslufóðring nær niður í 691 m dýpi og $12\frac{1}{4}$ " víður vinnsluhluti holunnar, sem nær niður á 2054 m dýpi, var fóðraður með raufuðum $9\frac{5}{8}$ " leiðara. RN-10 er dýpri en fyrri holur á Reykjanesi. Jarðlög holunnar einkennast af bólstrabergi, túffi og setlögum, og lýsa sennilega upphleðslu í gosbelti sem liggur undir sjávarborði. Neðri hluti jarðlagastaflans er álitinn vera að miklum hluta bólstraberg sem hlóðst upp undir fargþrýstingi sjávar. Ofar í jarðlagastaflanum eru túff, gjóska og setlög meira ríkjandi. Setlögin, sem innihalda grunnsjávarsteingervinga, sýna greinileg merki þess að hafa myndast við rof úr nærliggjandi móbergsmýndunum. Fyrstu merki um möguleg hraunlög á yfirborði koma fram á um 350 m dýpi, en með öryggi ofan um 110 m dýpis. Vart varð við innskot á sjö stöðum í holunni, og hníga sterk rök að því að meirihluti þeirra séu berggangar, sem þá ættu að liggja NA-SV. Samanburður á rúmlega 20 lekastöðum í holunni við jarðfræði og ummyndun bendir til að vatnsæðar tengist í ríkum mæli við sprunguþyrpingar við jaðra þessara basaltinnskota. Stærsti og vatnsgæfasti æðakafli neðan um 1920 m dýpis tengist líklegalóðréttri sprungu. Niðurstöður þrepaprófs leiddu í ljós að lekt er góð í holunni (10 Dm) og verður að öllum líkindum aflmikil í blæstri. Sterkar vísbendingar eru um að ráðandi æðakafli holunnar sé á um 2000 m dýpi. Ummyndunargögn eru nokkuð viðamikil. Ummyndunarhitaferill, studdur af mælingum á vökvabólum, sýnir að borholan sker hið eiginlega háhitakerfi á um 500 m dýpi. Ferillinn sýnir að berghitinn í holunni fylgir líklegast suðuferli þaðan og niður á um 1400 m dýpi en fjarlægist hann þar fyrir neðan. Ameradamælingar á upphitunartíma sýna að holan fylgir suðuferlinum ofan um 1400 m dýpis, en neðan hans virðist hitinn haldast nokkuð stöðugur við 315–320°C. Tímavensl útfellinga sýna að kerfið hefur hitnað upp jafnt og þétt og sýnir jafnframt að ummyndunarhitinn ætti að vera í samræmi við mældan hita. Nokkurt misræmi er á milli ummyndunar og vatnslektar, þar sem útfellingar eru takmarkaðar sem og bergummyndun, jafnvel þar sem poruhluti er hár og sum staðar þar sem vatnsæðar koma fram í holunni. Þetta misræmi er túlkað á þann hátt að vatnsleiðarar sem holan sker séu margir hverjir í lélegu sambandi við megin rennslisstrúktúra jarðhitakerfisins (stagnant). Einnig eru þetta talin merki um að holan sé staðsett nær jaðri háhitakerfisins en aðrar djúpar holur á Reykjanesi.

Jarðfræði holunnar sýnir jarðlagastafla sem ber þess merki að hafa hlaðist að mestu leyti upp á sjávarbotni sem bólstrabergsmýndanir, en vísbendingar eru um að ofan 1000 m dýpis í holunni sé yfirborð jarðlastaflans komið á grunnsævi með tilheyrandi setlaga-, túff og gjóskummyndunum. Vísbendingar koma svo fram að ofan um 350 m fari að sjá til gosbergs sem myndast hefur ofan sjávarmáls.

Ummyndun og mælingar í vökvabólum sýna, að holan sker háhitakerfið neðan um 500 m dýpis. Neðan þess dýpis fylgir það líklegast suðuferli niður á um 1400 m dýpi, en þar fyrir neðan fjarlægist holan suðuferlinn, sem bendir til að komið sé í vatnskerfi í hræringar-ástandi. Þokkalegt samræmi er á milli ferla hitamælinga og ummyndunarhita neðan um 800 m dýpis, en ofan þess truflast mældur hiti af suðu í holunni. Ummyndunar-hitaferill, studdur af hitamælingum í vökvabólum, er því talinn liggja nær núverandi berghita.

Ummyndun í heild (útfellingar, bergumyndun), gefur sterkar vísbendingar um ungt (hitnandi?) háhitakerfi með fremur hægu uppstreymi jarðhitavökva.

9. HEIMILDIR

- Ásgrímur Guðmundsson o.fl. 1999. *Krafla – Hóla KJ-33. 3. Áfangi: Borun fyrir vinnsluhluta í 2011 m dýpi*. Orkustofnun, OS-99072.
- Guðmundur Ómar Friðleifsson, Benedikt Steingrímsson, Bjarni Richter, Guðlaugur Hermannsson, Hjalti Franzson, Kjartan Birgisson, Sigvaldi Thordarson, Sverrir Þórhallsson og Dagbjartur Sigursteinsson 1999. *Reykjanes. Hóla RN-10. Borun 1. og 2. áfanga. Áfangaskýrsla*, Orkustofnun, OS-99003, 32 s.
- Hjalti Franzson, Benedikt Steingrímsson, Guðlaugur Hermannsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson, Kjartan Birgisson, Sigvaldi Thordarson, Sverrir Þórhallsson, Dagbjartur Sigursteinsson 1999. *Reykjanes. Hóla RN-10. Borun 3. áfanga. Áfangaskýrsla*. Orkustofnun, OS-99015, 21 s.
- Benedikt Steingrímsson, Helga Tulinius, Hjalti Franzson, Ómar Sigurðsson, Einar Gunnlaugsson og Gestur Gíslason 1997. *Ölkelduháls, hola ÖJ-1. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar*. Orkustofnun, OS-97, 190 s.
- Hjalti Franzson 1983. *Svartsengi, hola SG-12. Borun, jarðlög ummyndun og vatnsæðar*. Orkustofnun, OS-83003/JHD-02. 54 s.
- Hjalti Franzson 1987. *The Eldvörp high-temperature area, SW-Iceland. Geothermal geology of of first exploration well*. Proc. 9th New Zealand Geothermal Workshop. 179-185.
- Hjalti Franzson 1990. *Svartsengi. Jarðfræðilíkan af háhitakerfi og umhverfi þess*. Orkustofnun, OS-90050/JHD-08, 41 s.
- Hjalti Franzson 1994. *Nesjavellir. Þættir af ummyndun í jarðhitakerfi*. Samvinnuverk Orkustofnunar og Hitaveitu Reykjavíkur. Orkustofnun, OS-94021/JHD-06. 52 s.
- Hjalti Franzson 1996. *Eldvörp, hola EG-2. Jarðfræðirannsóknir*. Orkustofnun, OS-96-030/JHD-05, 63 s.
- Hjalti Franzson 2000a. *Hydrothermal evolution of the Nesjavellir high-temperature system, Iceland*. Proc. World Geothermal Congress 2000. 2075–2080.
- Hjalti Franzson 2000b. *Reykjanes. Reykjanes. Rannsóknir á vökvabólum í útfellingum í holum RN-9 og RN-10*. Orkustofnun, OS-2000/021. 20 s.
- Lonker, S.W., Franzson, H. og Kristmannsdóttir H. 1993. Mineral-fluid interactions in the Reykjanes and Svartsengi Systems, Iceland. *American Journal of Sciences*, 293: 605–670.
- Ragna Karlsdóttir 1998. *TEM-viðnámsmælingar í Svartsengi*. Orkustofnun, OS-98025. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja. 43 s.
- Sverrir Þórhallsson 1997. *Svartsengi-Reykjanes. Verklýsing háhitaborunar*. Orkustofnun, OS-97032. 20 s.
- Viereck, L.G., Brendon, J.G., Schminke, H.U. og Pritchard, R.G. 1982. Volcaniclastic rocks of the Reydarfjörður drill hole, eastern Iceland. 2 Ateration. *Journ. Geophys. Res.* 87: 6459–6476.

VIÐAUKI 1. Dagskýrslur



BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 1

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer:

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn

Holuvídd: 21"
Dýpi síðustu fóðringar: 77 m
Skolvökvi: Vatn

20. verkdagur

Dýpi kl. 8: 98 m
Skoltap kl. 8: 0 l/s

Borun síðasta sólarhring: 0 m
Meðalborhraði: m/klst

Texti

Beðið var eftir hörðun steypu allan daginn í gær. Á miðnætti var steypan loks hörðun, 1 1/2 sólarhring frá því að steyp var. Reiknað er með að borun í berg á 112 m dýpi hefjist síðdegis í dag og verður gel blandað upp áður og notað við skolun holunnar.

Tafla. Hallamælingar*

Dýpi holu (m)	Mældýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)

*Ef um skáborun er að ræða þá þarf sérstakt fylgiblað með mælingum

Ath. Þriðja hvern dag fylgja myndir af gangi borunar og jarðlagasnið og mælingar á skoli. Þegar mælingar FFR liggja fyrir skulu þær fylgja



BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 2

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfr. á vakt HF

Holuviðd: 21"
Dýpi síðustu fóðringar: 77 m
Skolvökvi: Borleðja

21. verkdagur

Dýpi kl. 24: 137 m
Skoltap kl.24: 0 L/s

Borun síðasta sólarhring: 25 m
Meðalborhraði: Um 1 m/klst

Borun

Í morgun klukkan 7:30 var dýpi holunnar 152 m. Dæling er um 23.3 l/s og þrýstingur á standpipe er um 100 psi, snúningur krónu 48 sn/mín, og álag á krónun um 10-20 þús pund. Skoltap í morgun var ekkert. Hiti á leðju í holu er um 14°C en hún kemur um 28°C upp, svo berg er farið að hitna í neðra. Bormenn hafa komið á vatnskælingu á leðjunni í karinu sem skýrir lágan leðjuhita en háan mismunahita.

Jarðlög og ummyndun

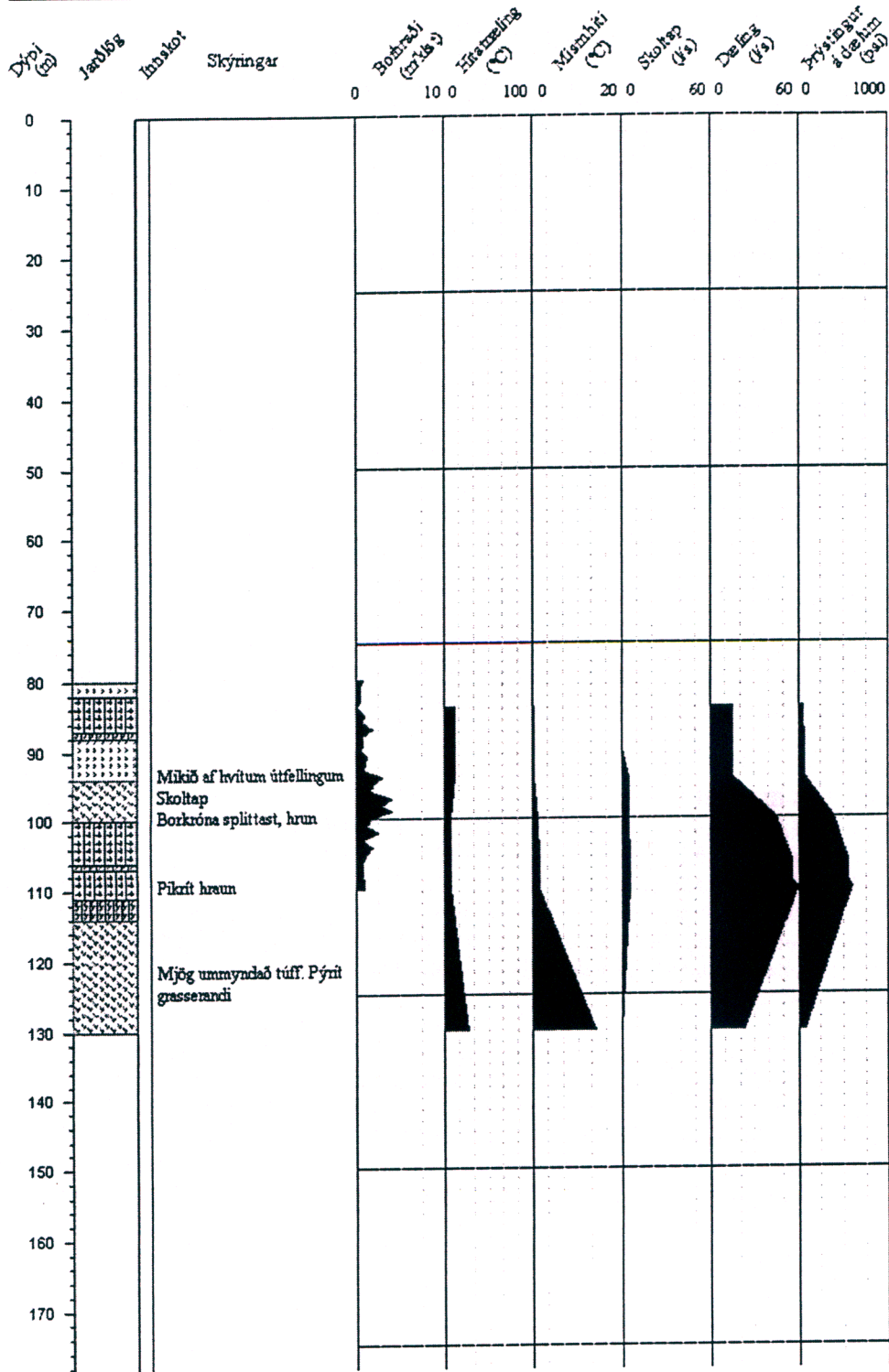
Í 112 m dýpi boraðist í gegnum hraunlag og kom í mjög ummyndað pýrítríkt túff sem nær a.m.k. niður á 130 m dýpi. Aðrar útfellingar er zeólítinn heulandít, og á staka stað kemur í dökkan gróffjaðraðan leir, sem er sérkennilegt þar sem hans er yfirleitt ekki að vænta fyrir en hiti er kominn í um 200°C.



Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jótunn
Dýptarbil: 0-250

Boraðferð:
Verkhluti: 1. áfangi





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 3

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfr. á vakt: HF

Holuvídd: 21"
Dýpi síðustu fóðringar: 77 m
Skolvökvi: Borleðja

22. verkdagur

Dýpi kl. 24: 188 m
Dýpi kl. 07: 202 m
Skoltap kl.07: 0 l/s

Borun síðasta sólarhring: 51 m
Meðalborhraði: 2.1 m/klst

Borun

Í morgun klukkan 07 var dýpi holunnar 202 m. Dæling er um 22 l/s og þrýstingur á 'standpipe' er um 140 psi, snúningur krónu 39 sn/mín, og álag á krónun um 11000 pund. Skoltap í morgun var ekkert. Hiti á leðju á leið í holu er tæpar 20°C en hún kemur um 36°C upp úr holu. Þrýstingur á 'standpipe' er um 140 psi.

Jarðlög og ummyndun

Jarðlög hafa verið greind niður á 184 m dýpi eins og sýnt er á meðfylgjandi jarðlagasniði. Móbergstúff einkennir jarðlagastaflann frá 112 m, en hann skiptist í tvær myndanir, sú efri, sem er dílalaust túff nær niður á um 140 m dýpi, en þar neðan við kemur í sérkennilega pýroxen og plagióklasdílótt móbergstúff og er það enn við lýði í 184 m. Það síðarnefnda er sérlega auðþekkjanlegt og þess vegna ákjósanlegt leiðarlag, sem vonandi er unnt að rekja á milli hola. Svo virðist sem á mótum þessara tveggja móbergsmýndana hafi komið fram smáleki í holuna síðasliðna nótt, sem fljótlega þéttist með íbætingu glimmerflaga í borleðjuna.

Ummyndun er sérkennileg í holunni, þar sem hún snarjókst er komið var í efri móbergsmýndunina, en hún tók að minnka aftur þegar komið var nokkuð niður í neðri móbergsmýndunina, túffið varð dekkra og gullfalegt pýrítið snarminnkaði. Þessi breyting í ummyndun merkir líklegast, að á milli rúmlega 90m og niður í um 150 m dýpi kemur fram "lárétt" jarðhitastreymi, sem væntanlega er afrennsli frá mibik jarðhitasvæðisins, og er ekki ósennilegt að streymisleiðin liggir eftir lagskilunum í rúmlega 90m, 112 m og svo í 140 m. Væntanlega mun þó bergið hitna aftur og verða jarðhitalegra er neðar kemur.



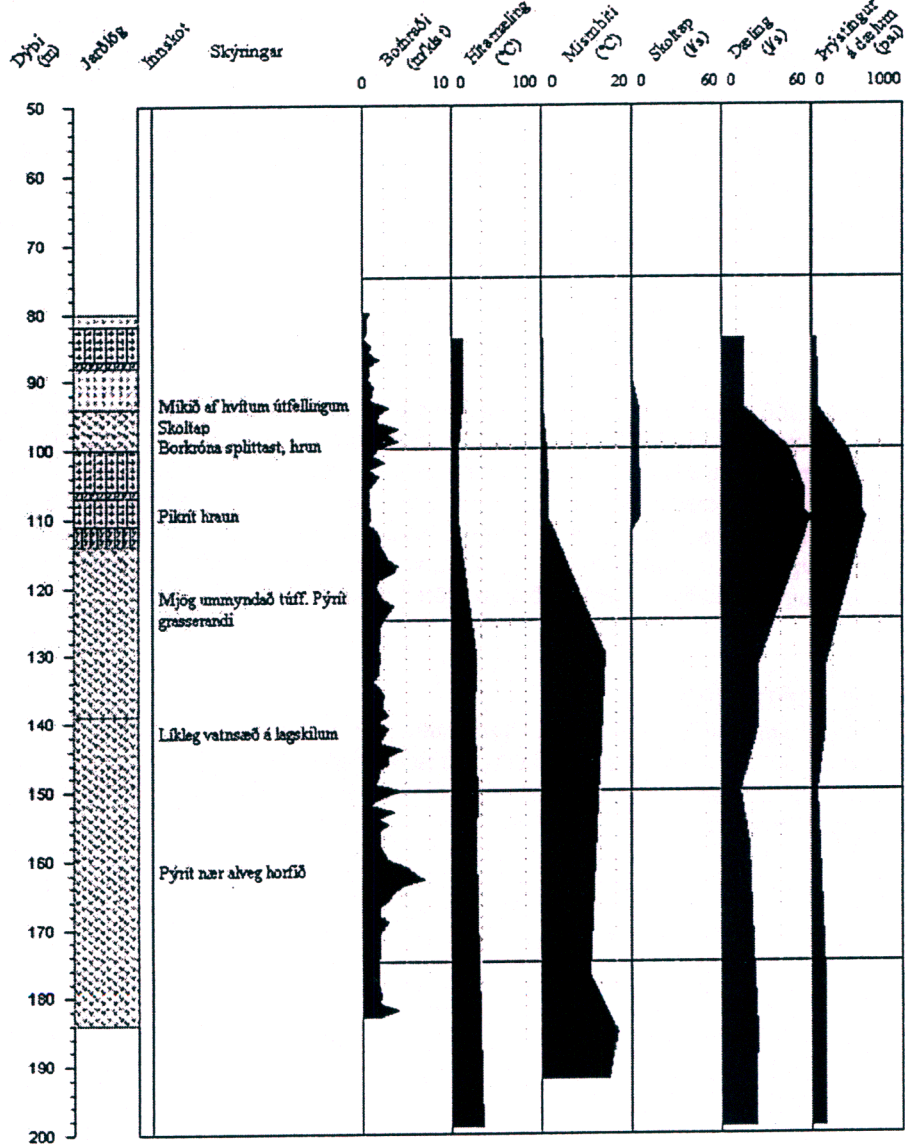
Orkustofnun
Rannsóknasvið

13/199/br/góf/hf

Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jótunn
Dýptarbil: 0-250

Boraðferð:
Verkhluti: 1. áfangi





BORVAKT Á REYKJANESI,

RN-10 DAGSKÝRSLA # 4

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfr. á vakt HF

Holuvídd: 21"
Dýpi síðustu fódoringar: 77 m
Skolvökvi: Borleðja

24. verkdagur

Dýpi kl. 24: 239 m
Dýpi kl. 07: 260 m
Skoltap kl.07: 0 L/s

Borun síðasta sólarhring: 51 m
Meðalborhraði: 2.1 m/klst

Borun

Borun fyrir öryggisfóðringu lauk í morgun klukkan um 07 á 260 m dýpi. Leitað var að hentugum stað til að setja fóðurrörsendan í, en heldur var árangur þeirrar leitar rýr. Í 258-260 m var heldur harðara undir tönn þrátt fyrir að enn væri bergið gert úr ummynduðu túffi. Var álit jarðfræðings að ekki væru vísbendingar um að botn þessa túffs væri nærri. Nú um 10-leitið er verið að hringdæla í holunni til að hreinsa svarfið og kæla hana. Þegar þetta er ritað eru borholumælingamenn á leið til að hitamæla í stöngum og meta upphitunarhraða holunnar. Því næst verður strengur væntanlega tekinn úr holu, jarðlagamælingar og hitamælingar gerðar áður en fóðrað verður.

Jarðlög og ummyndun

Borað hefur verið í sama túffinu frá 140 m. Ummyndun þess er töluverð, sérstaklega þar sem það verður setkennt neðan 200 m dýpis. Nær ekkert pýrít finnst þaðan og niður á 260 m dýpi sem gæti bent til að lekt í túffinu sé lítil, þrátt fyrir ummyndunina. Frekar verður fjallað um jarðfræði holunnar og ummyndun í næsta fréttabréfi.



BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 5

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfr.&mælingam.HF/SThor/GuH

Holuviðd: 21"
Dýpi síðustu fôðringar: 77 m
Skolvökvi: Borleðja

25. verkdagur

Dýpi kl. 24: 260 m
Dýpi kl. 07: 260 m
Skoltap kl.07: 0 *l/s*

Borun síðasta sólarhring: 0 *m*

Borverk

Borun holunnar lauk, eins og sagt var frá í síðustu dagskýrslu, klukkan um 9 leitið 14.jan. Holan var skoluð í eina tvo tíma, en síðan var hitamælt í stöngum til að kanna hitnun holunnar. Þá var borstrengur tekinn úr holu og svo tóku við borholumælingar, sem voru hitamæling, víddarmæling og jarðlagamælingar, og eru upplýsingar um þær í sérkafla hér fyrir neðan. Að borholumælingum lokið var tekið til við að fôðra holuna og eru bormenn, þegar þetta er ritað klukkan 18 á föstudegi, búnir að sjóða 18 af 21 röri og slaka þeim í holuna.

Jarðlög og ummyndun

Á mynd 1 er sýnt heildarjarðlagasnið af holunni þar sem bætt hefur verið við greiningum í höggborsholunni og neðsta hluta holunnar ásamt mælingum bormanna.

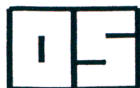
Borholumælingar

Borholumælingamenn mættu til mælinga föstudaginn 14. janúar 1999 kl. 10:45 eftir að fôðringardýpi var náð. Byrjað var á að hitamæla í stöngum, en þá hafði holan verið í skolun í um 2 tíma. Mældur var hiti niður holuna, mæld upphitun í botni í u.þ.b. 30 mínútur og síðan mældur hiti upp holuna (sjá meðfylgjandi mynd 2). Mælingarnar sýndu mjög stöðugan hita í allri holunni (tæpar 40°C) og hitnaði holan um ~1°C þann tíma sem upphitun var mæld. Þessum mælingum lauk upp úr kl. 12 og fóru bormenn þá í upptekt og biðu mælingamenn í sex tíma eftir því að komast í holuna til jarðlagamælinga.

Upp úr kl. 18 voru bormenn búnir að taka borstreng úr holunni og var þá farið til jarðlagamælinga og stóðu þær yfir til kl. 22. Byrjað var á hitamælingu, síðan var XY-vídd holunnar mæld, þar næst nifteindadreifing og náttúruleg gammageislun, síðan viðnám og að endingu var hiti mældur aftur. Yfirlit yfir mælingarnar er sýnt í meðfylgjandi töflu og sjálfar mælingarnar eru sýndar á meðfylgjandi mynd 3.

Hitamælingarnar eftir upptekt sýna að holan hitnar dálítið neðan við 140 m dýpi og á 200 m dýpi var hitinn mestur í seinni hitamælingunni, hafði þar hitnað um ca. 15°C þá 3 tíma sem liðu frá fyrri mælingunni.

Víddarmælingin sýnir skápa milli 70 og 110 m dýpis og fer mælirinn í fullt útslag (tæpar 30") á 80 - 90 m dýpi, en að öðru leyti er holan mjög slétt. Út frá víddinni var reiknað hversu mikla steypu þyrfti til að steypa 18 5/8" fôðringu (utanmál 473 mm) frá 260 til 7 m dýpis og reyndist það vera um 18 m³, en



einhver skekkja er í því þar sem fyrrnefndir skápar fóru á tíðum yfir hæsta útslag mælisins og gefa því ekki alveg rétta vidd þar.

Viðnáms-, nifteinda- og gammamælingarnar sýna breytingar í jarðlagastaflanum, en frekari úrvinnsla og túlkun bíður seinni tíma.

Að lokum var gengið frá mælingum til bormanna og var svæðið yfirgefið kl. 23.

Tafla 1. Yfirlit yfir borholumælingar í lok 1. áfanga.

Dagsetning	Klukkan	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Skrá	Athugasemdir
14-01-99	11:10-11:20	Hiti	0-248	Upphitun	H0114111	Í streng eftir 2ja tíma skolun
14-01-99	11:20-12:00	Upphitun	246	Upphitun	T0114112	
14-01-99	12:00-12:15	Hiti	246-0	Upphitun	H0114120	Mælt upp
14-01-99	18:25-18:40	Hiti	25-256	Upphitun, æðar	H0114182	Eftir upptekt
14-01-99	19:00-19:15	XY-vidd	250-0	Holuvidd	X/Y0114190	Skápar milli 70-110 m dýpis
14-01-99	19:55-20:25	Nifteindir	250-0	Jarðlög	N0114195	
14-01-99	19:55-20:25	Nat-gamma	250-0	Jarðlög	G0114195	
14-01-99	21:05-21:15	Viðnám	250-60	Jarðlög	S/L0114210	16" og 64" skautabil
14-01-99	21:25-21:40	Hiti	20-255	Upphitun, æðar	H0114212	



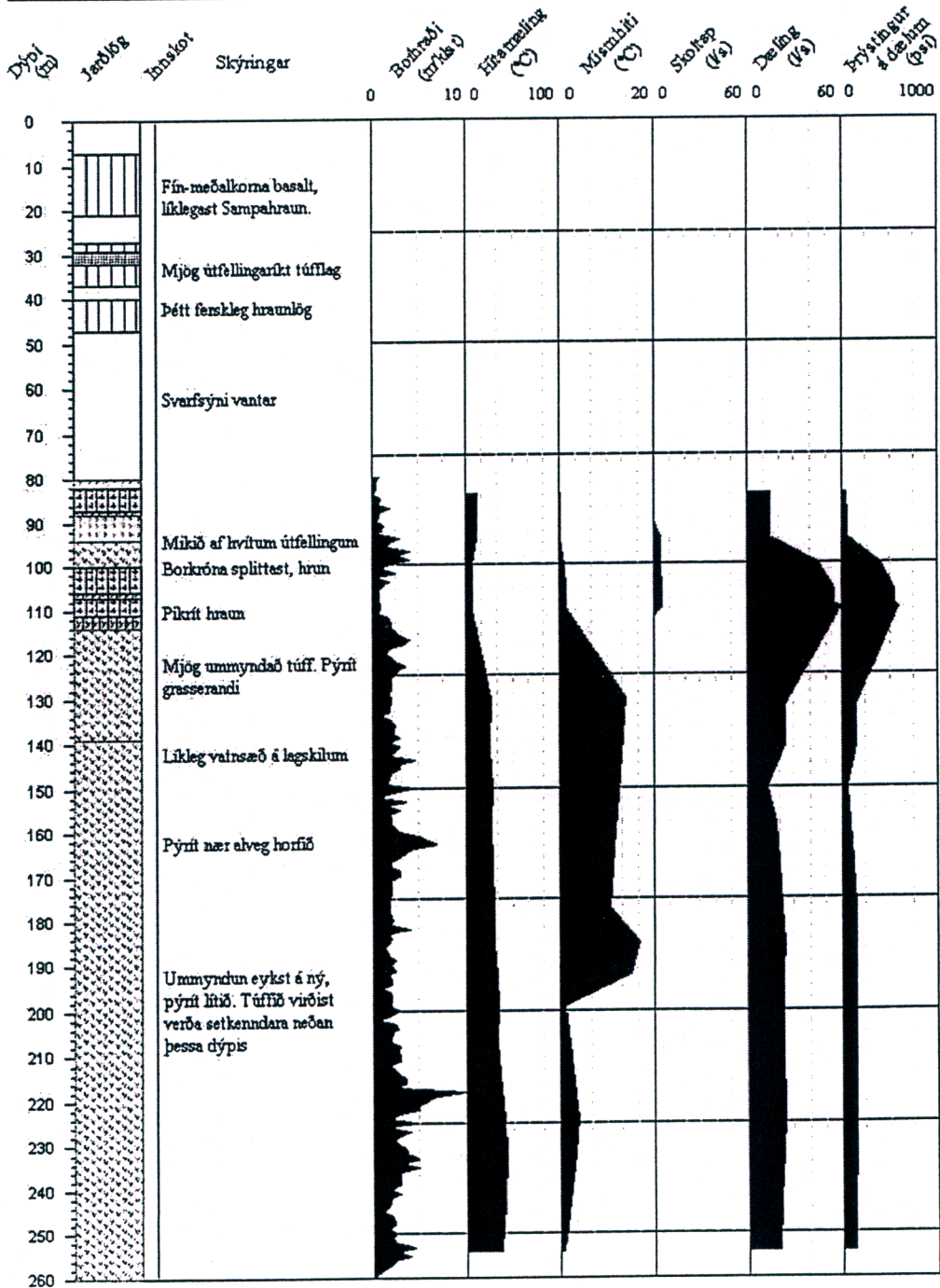
Orkustofnun
Rannsóknasvið

13/1/99/br/góð/hf

Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jótunn
Dýptarbil: 0-250

Boraðferð:
Verkhúti: 1 áfangi

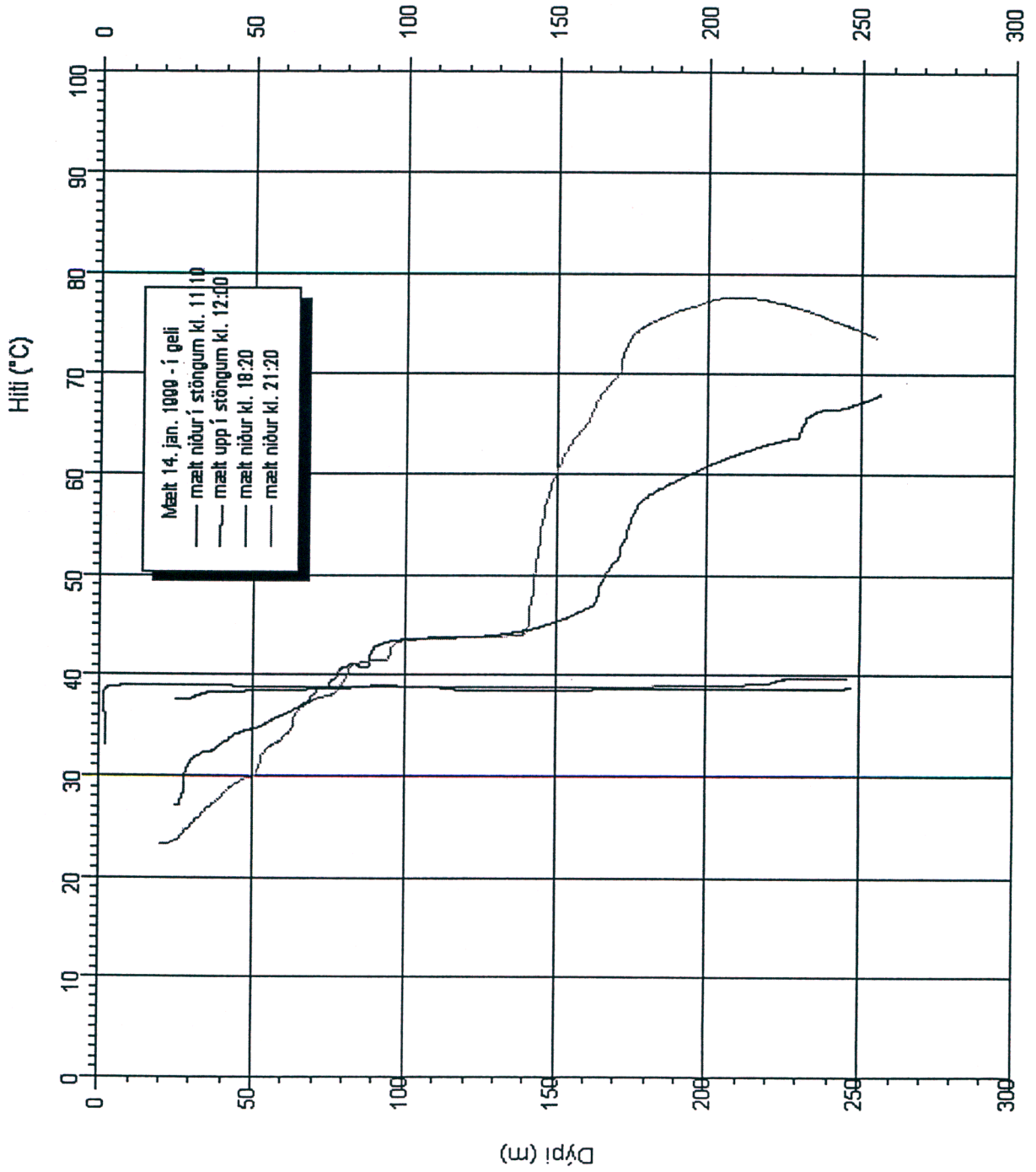




14-Jan-1999
Gullfjör

Reykjanes RN-10

Orkustofnun
Borholumeðlingar



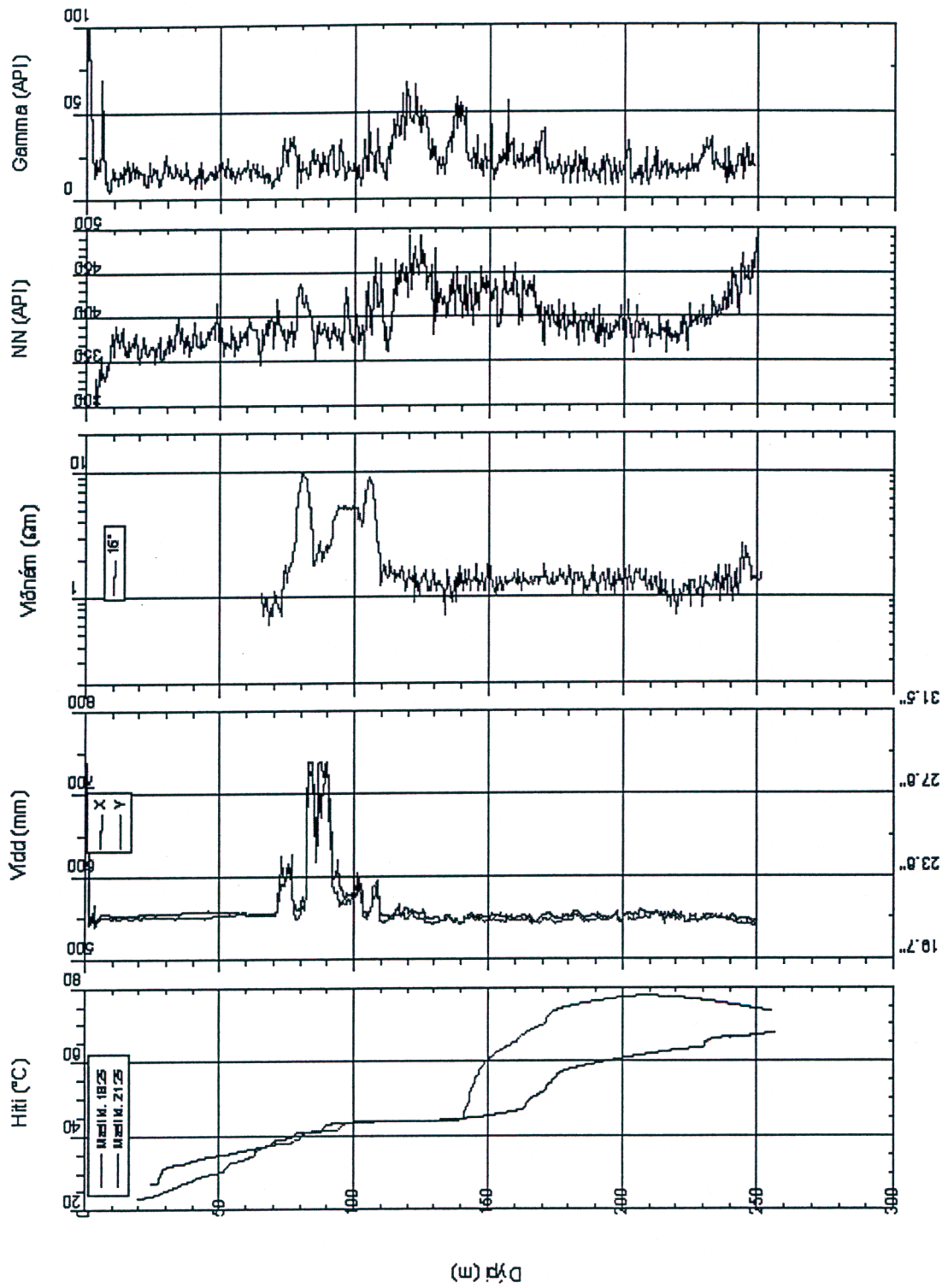


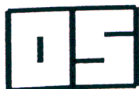
Reykjanes RN-10

Jarðlagamælingar 14. jan. 1999

Orkustofnun
Borholumælingar

14. jan. 1999
ST10101H





BORVAKT Á REYKJANESI, RN-10 DAGSKÝRSLA # 6

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfr.&mælingam.góf/SThor/GuH

Holuvídd: 17 1/2"
Dýpi síðustu fódoringar: 251,26 m
Skolvökvi: Borleðja

29. verkdagur

Dýpi kl. 24: 270 m
Dýpi kl. 07: 297 m
Skoltap kl.07: 0 l/s

Borun síðasta sólarhring: 10 m

Borverk

Borun fyrir 18 5/8" fódoringu lauk að morgni 14. janúar í 260 m dýpi, síðastliðinn fimmtudag. Holan var síðan skoluð, hitamæld, jarðlagamæld, fódruð og loks steyp. Fódoringin var komin niður síðdegis á föstudag, í 251,26 m dýpi. Þá var gert klárt fyrir steypingu. Rúmlega sólarhringstöf varð síðan vegna óveðurs og steypingin ekki framkvæmd fyrr en á hádegi á sunnudag.

Steypingin tókst vel. Alls var steypt úr 31 tn af blönduðu háhitasementi. 125 kg af tafefni var notað. Eðlisþyngd steypu var 1.63 g/cm³, og sú sem upp kom var 1,59 g/cm³. Steypuborð seig um 20 m og var steyp utan með eftir 5 1/2 tíma, seig hún um nokkra cm, sem fylltir voru upp með steypu eftir að búið var að skera ofan af fódoringunni.

Holan var hitamæld og steypugæðamæld milli 4-5 aðfarnótt þriðjudags eftir að búið var að setja upp öryggisventla, og reynist steypa ágæt svo sem meðfylgjandi mynd sýnir. Flotkollí á 224,5 m dýpi var síðan boraður út og svo steypa, frá 231 m dýpi. Þá voru öryggislokar prófaðir og holan síðan hallamæld í 200 m dýpi, og mældist 0,8° halli.

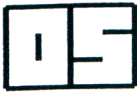
Borun í berg hófst svo upp úr kl 21 í gærkvöldi á 260 m dýpi, og gekk mjög vel þar til kl 10:15 í morgun að en ein bilunin var í rafkerfinu. Drifborðið datt út, síðan inn aftur en þá datt dæla 1 út og síðan ók spilið við ef rétt er eftir haft. Enn er unnið að viðgerð nú um kaffileytið.

Jarðlög og ummyndun

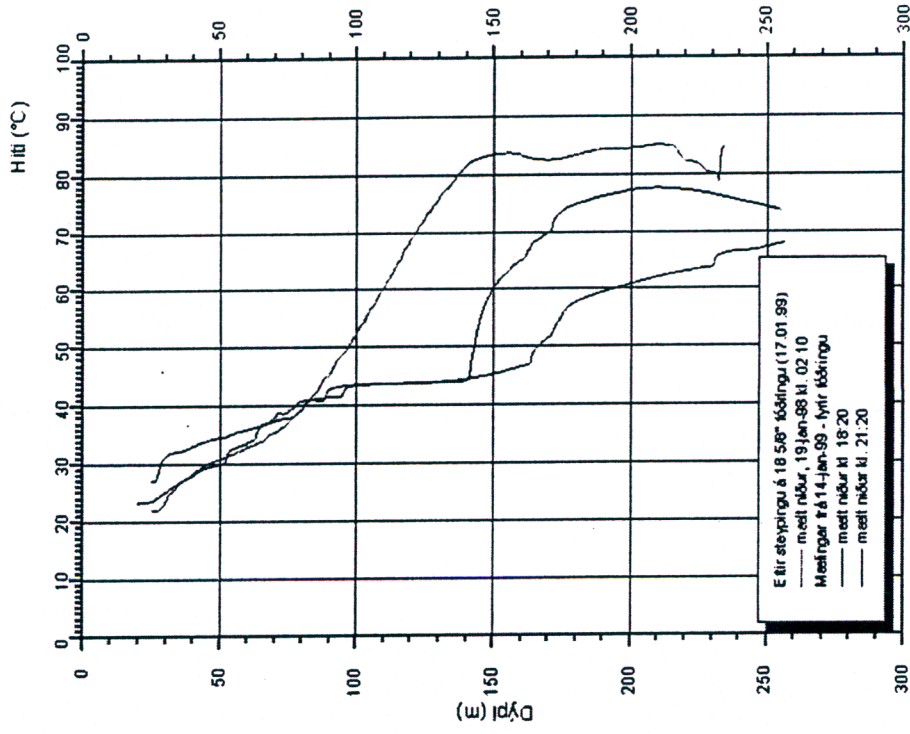
Áfram var borað í móbergstúff svipað og ofan fódoringar. Frekari umfjöllun síðar.

Borholumælingar

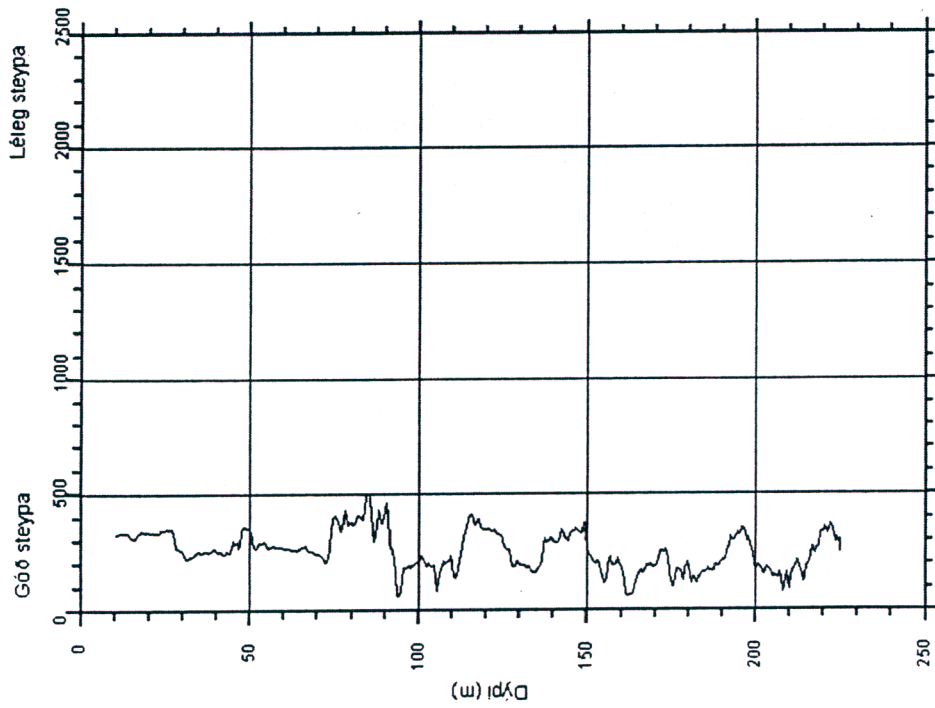
Mælingamenn voru mættu til steypumælinga kl. 23:30 þann 18. janúar, en vegna frágangs við holuloka og bilunar í spili varð nokkur töf á því að þeir kæmst til mælinga. Klukkan tvö (19.01.99) gafst loks færi á að renna hitamæli niður holuna. Sú mæling sýndi að holan var ekki mjög heit, var allsstaðar undir 90°C, sjá meðfylgjandi mynd, jafnvel þó hún hafi haft töluverðan tíma til upphitunar (steyp var milli kl. 11 og 13:30 17.01.99). Því var ljóst að ekkert var því til fyrirstöðu að fara með CBL mælinn niður í botn, en það þurfti hinsvegar að biða eftir því að bormenn kláruðu að ganga frá loka. Um kl. 04:30 var holan tilbúin til CBL mælinga og var þá farið til þess. Sú mæling sýnir að fódoringin er vel steyp, sjá meðfylgjandi mynd. Að þessu loknu var gengið frá mælingum til bormanna, og svæðið síðan yfirgefið kl. 6.



Orkustofnun
Borholumælingar
Reykjanes RN-10
19. jan. 1999
SThorður



Orkustofnun
Borholumælingar
Reykjanes RN-10
19. jan. 1999
SThorður





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 7

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfr.&mælm. góf

Holuvídd: 17 1/2"
Dýpi síðustu fõðringar: 251,26 m
Skolvökvi: Borleðja

30. verkdagur

Dýpi kl. 24: 320 m
Dýpi kl. 07: 344 m
Skoltap kl.07: 0 l/s

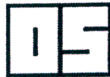
Borun síðasta sólarhring: 50 m

Borverk

Borun í berg hófst um 21 í fyrrkvöld á 260 m dýpi, og gekk mjög vel þar til kl 10:15 í gærmorgun, er bilun varð í rafkerfinu. Leit að meininu tók allan daginn. Reyndist vera sambandsleysi í öryggjum. Um kl 19 í gærkvöldi var allt komið á fulla ferð. Nú í morgun kl 7 var 344 m dýpi náð. Skoltap er ekkert. Gel hitnar 10-12°C í hringferðinni. Álag er rétt um 4 tn, snúningur 41 sn/min, 100 amp. Einungis dæla 3 er inni, þrýstingur 80 psi, og skolmagn um 20 l/s. Borun gengur sem sagt átakalaust og vel. Svipuð móbergsmyndun og ofar er trúlega á þessu bili líka.

Jarðlög og ummyndun

Borað var í nær hreint móbergstúff svipað og ofan fõðringar. Ummyndun er nokkur í því, allt gler breytt, en frumsteindir (dílar) lítið ummyndaðir, nema ólivín sem lætur á sjá. Jarðlög og mælingar í borun eru sýnd á meðfylgjandi mynd. Við erum aðeins að þreifa okkur áfram með framsetningu á myndunum – hér með nýrri svuntu. Þessari svuntu verður trúlega skipt út fyrir aðrs hreinni á næstunni.



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Borgögn RN-10 Reykjanes

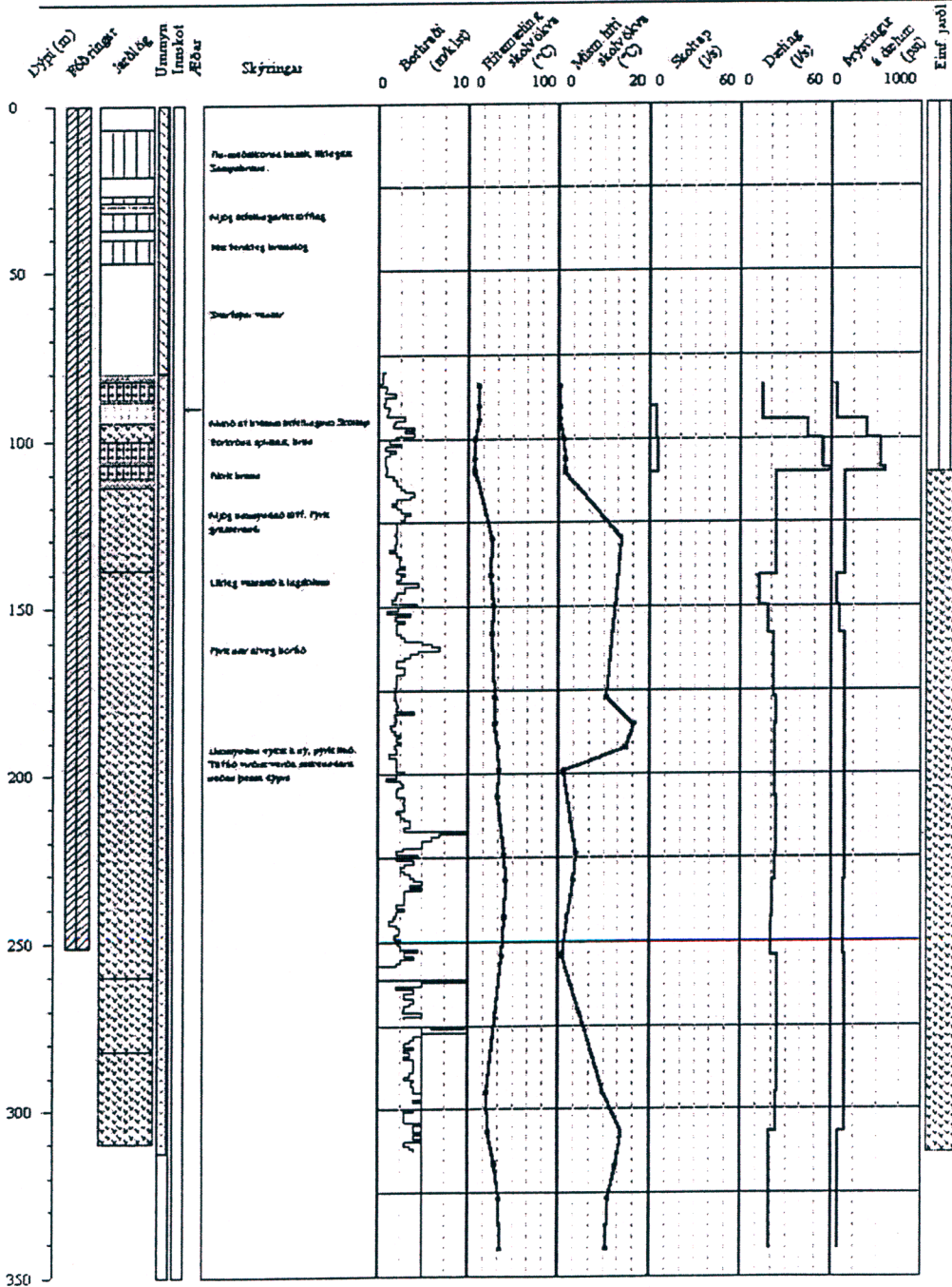
20/1/1999

Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jótunn
Dýptarbil: 260-750

Skolvökr: Gel
Verkhliuti: 2. áfangi, 17 1/2" borun

Verknumur: default
Starfsmenn: góf





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 8

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfr.&mælingam.góf

Holuvídd: 17 1/2"
Dýpi síðustu fóðringar: 251,26 m
Skolvökvi: Borleðja

31. verkdagur

Dýpi kl. 24: 406 m
Dýpi kl. 07: 426 m
Skoltap kl.07: 0 l/s

Borun síðasta sólarhring: 83 m

Borverk

Borun gengur vel. Ekkert skoltap og allt í stakasta lagi. Álag og snúningshraði svipaður, 5-10 tn og 40-60 sn/min. Þrýstingur 60-70 psi. Í morgun kl 9 (434 m) var borun stöðvuð í einhverja klukkutíma. Sérfræðingur frá Englandi kom í gær, og fer yfir rafkerfið í dag. Áætlað stopp er 2-4 tímar.

Jarðlög og ummyndun

Neðan 350 m var aftur komið í túffríka móbergsmýndun, nú ódílotta. Í gær var borað niður úr dílotta móberginu í 314 m dýpi í grófkorna hraunlagasyrpu úr 3-4 hraunlögum. Ummyndun bergsins er nokkuð merkileg.

Móbergstúffið sem borað var í ofan hraunlaganna er all þétt og samlímt, en þó sést að blöðrur í basalt- og gjallkornum eru víða einungis hálfylltar eða með útfellingaskán úr leir, stundum með tenntu kalsíti upp af. Anhýdrít fyllir blöðrur í öðrum kornum og myndar eins konar steypuklasa á milli korna annars staðar. Í blöðrum í hraunlögnum sést wairakít (eða analsím) öðru hvoru. Það bendir til að hiti hafi náð upp undir 200°C. Leir er hins vegar en fülleitur og smektilegur. Neðan við hraunlöggin bregður svo undarlega við á um 380 m dýpi, við skil í móbergsmýnduninni, að talsvert fer að bera á fersku gleri í samlímdu túffinu. Það bendir til að heitt vatn hafi ekki átt leið að glerinu og gefur viðsnúinn hitaferil til kynna.

Ummyndunarmýnstrinu má líkja við grenitré. Heitt vatn frá hitasvæðinu leitar út eftir greinum og mætir þar kaldari jarðsjó. Anhýdrít (CaSO₄) fellur út og myndar einskonar snjóflyksur á greinum. Minna er af anhýdríti á kaldari svæðunum milli greinanna

Jarðlagamynd verður send með næstu dagskýrslu.

**BORVAKT Á REYKJANESI,****RN-10 DAGSKÝRSLA # 9**

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hóla: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfr.&mælingam.góf

Holuvídd: 17 1/2"
Dýpi síðustu fóðringar: 251,26 m
Skolvökvi: Borleðja

32. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 454 m
Dýpi kl. 07 : 470 m
Skoltap kl. 07: 0 l/s

Borun síðasta sólarhring: 48 m**Borverk**

Yfirferð og hreingerning á rafkerfinu stóð yfir frá 9:30 í gærmorgun fram til kl 14:30, þ.e. 5 tíma töf. Ekkert sérstakt fannst að, e.t.v. þó ein tenging.

Borun fór vel af stað aftur. Álag og snúningshraði svipaður, 5-12 tn og 40-60 sn/min. Þrýstingur 100-150 psi. Dæla II var sett inn í stað dælu III og tvöfaldaðist þrýstingur við það. Skolmagn er eftir sem áður um 20 l/s, og skoltap er ekkert. Í nótt var borað í a.m.k tvö leirlög og finkorna set. Slegið var af álagi við það vegna nokkurs skarkala þegar komið var í harðari lög.

Hallamælt var í 200 m dýpi áður en borað var niður úr fóðringunni og er niðurstaðan sýnd í töflunni hér að neðan.

Hallamælingar

Dýpi holu (m)	Mælidýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
250	200	0.8		

Jarðlög og ummyndun

Neðan hraunlagamyndunarinnar í 350 m var borað í móbergsmyndun sem verður fersklegri og basaltríkari er neðar dregur. Talsvert ber á ferskum glerkjörnum í samlímdu túffinu neðan 380 m. Frauðkennt basalt í túffinu eykst er neðar dregur þar til komið er í bólstrabreksíu og síðan nær hreint bólstraberg. Það er fremur fersklegt og með stöku dílaþyrpingu úr plagíóklas-ólivín-pýroxen, og eykst þéttleiki þeirra er neðar dregur. Ummyndunarskán er í blöðrum. Elst er pýríthúð, þá smektítleirag, aðeins fjaðrað. Blöðrur inn af smektítinu eru ýmist tómar eða með vott af fallega tenntu kalsíti, eða anhýdrítii, og sem fyrr eru stærri lausar flyksur úr fingerðu anhýdrítii.

Á 450 m dýpi var borað niður úr móbergsmynduninni. Þar neðan við er fyrst fingert grænleitt túffset sem síðan verður ljósara er neðar dregur, ljósdrapplitað með hvítum yrjum nokkuð svipað og háhitasteypa, en hér greinilega úr setbergi. Þetta set ferður fingerðar er neðar dregur og endar í hreinu ljósu leirsilti, nánast leirjukki svipuðu og á yfirborði jarðhitasvæða. Pýrít sést ekki í leirnum. Neðst verður móbergssset-leirsiltið heldur grófkornóttara. Í 470 m dýpi er svo komið niður úr setlaginu. Þar er finkorna þétt, stakdílt basalt allsráðandi, fersklegt sjálft, en sprungið og samlímt við móbergsgler. „basaltbreksía eða hraun. Ummyndun snareykst þrátt fyrir að berggerðin sjálf sé mun fersklegri en móbergið og setið ofar. Pýrít sést í nokkru magni og smágerð kvars sést í fyrsta skipti. Það hefur (eins og wairakit) verið notað sem vísbending um að hiti sé nærri 200°C. Fersklegt gler sem sást ofan við setlagið sést ekki lengur. Yfirlit um jarðlög og mælingar í borun er sýnt á meðfylgjandi mynd.

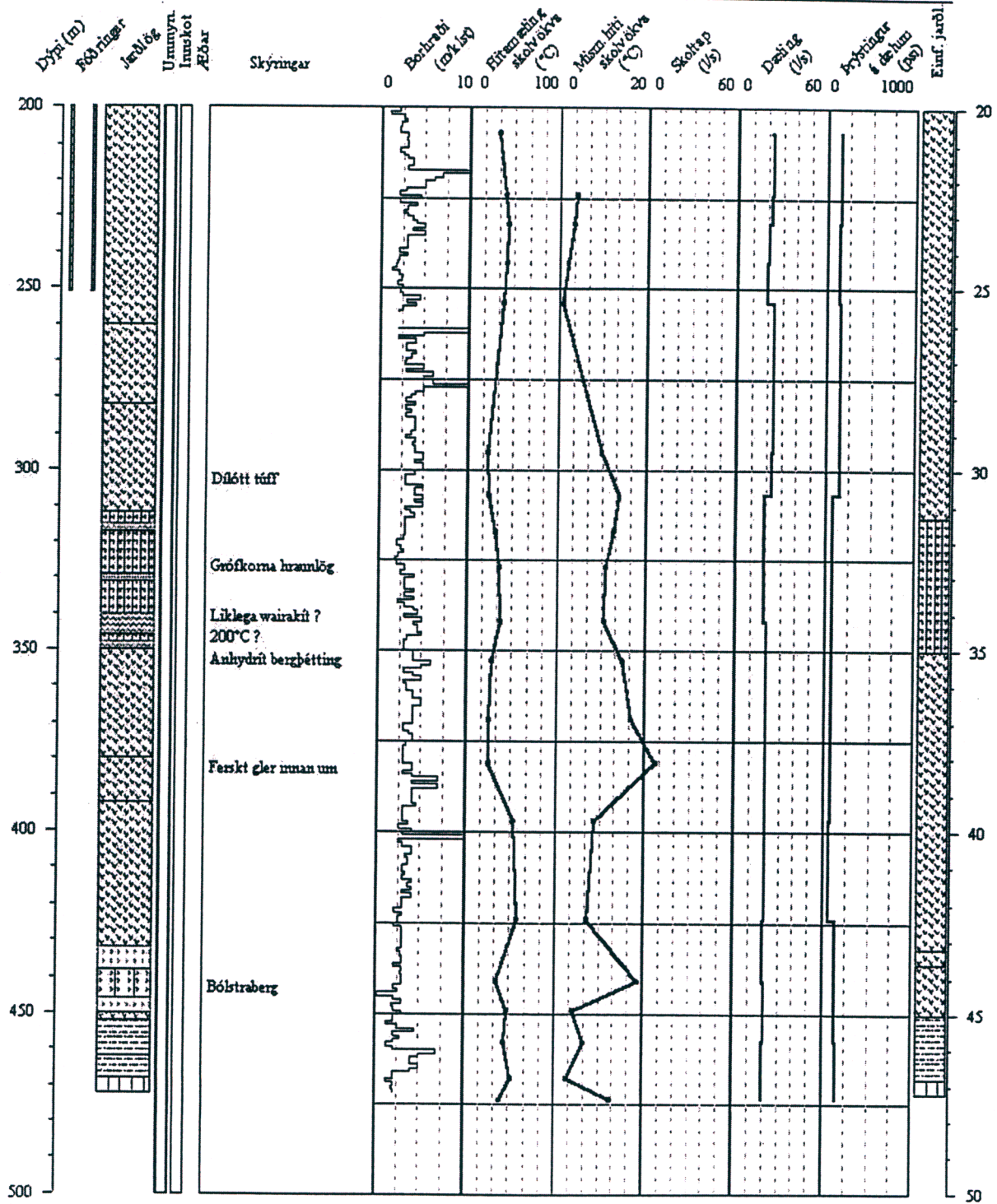


Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: J6tunn
Dýptarbil: 260-750

Skolvökvi: Gel
Verkhliuti: 2. áfangi 17 1/2" króna

Verknúmer: default
Starfsmenn: góf





BORVAKT Á REYKJANESI, RN-10 DAGSKÝRSLA # 10

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hóla: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfr.&mælingam.góf

Holuvídd: 17 1/2"
Dýpi síðustu fódringar: 251,26 m
Skolvökvi: Borleðja

33. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 506 m
Dýpi kl. 07 : 522 m
Skoltap kl. 07: 0 L/s

Borun síðasta sólarhring: 52 m

Borverk

Nær samfelld borun í sólarhring. Aðeins stoppað til að hallamæla í 400 m dýpi og reyndist halli 1° (sjá töflu). Ekkert skoltap er í holunni. Dæling, álag og snúningur krónu óbreytt.

Leiríka setið, sem flokkast í setfræði sem finsandur og silt, mylst í leirmélu undir borkrónunni svo að nánast ekkert verður eftir af svarfi þegar búið er að skola sýnið. Ef borað væri með meira álagi fengjust trúlega stærri svarfkorn úr setinu. Setið er lint og myndi auðveldlega borast með 30-40 m/klst hraða undir meira álagi. Undir slíku álagi er hins vegar hætt á að skekkja holuna, og það viljum við ekki strax a.m.k. Spurningin er kannski um að finna milliveg og er málið að viðræðustigi við borstjóra. Nú í morgun var hins vegar borað niður úr setinu, niður í bólstrað hraun ofan á móbergsmýndun að því er virðist.

Setið er gamall sjávarbotn að því er virðist og finnast m.a. skeljabrot í því (sjá neðar).

Hallamælingar

Dýpi holu (m)	Mælidýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
250	200	0.8		
485	400	1.0		

Jarðlög og ummyndun

Borun í leirfrkt set einkenndi gærdaginn (sbr. jarðlagamynd). Ef borið er saman við aðrar holur, þá einkennir túffríkt set dýptarbilið frá 300 til 500 m í holum 2 og 4, og að hluta til í holu 3. Samkvæmt sömu holum má búast við 20-50 m þykkri basaltmyndun neðan 500 m og síðan túffríku seti og móbergi a.m.k. niður í 750 m (skv. holu 4).

Á 500 m, 504 m og 518 m dýpi fundust smá skeljabrot í setinu, að því er best verður séð, og verður það kannað nánar. Góðu heilli þá var tekið stórt (2 kg) sýni af leirjukkinu á 500 m dýpi í gærkvöldi. Helmingurinn af því var skolaður hreinn og gaf um 100 ml af setbergskornum og fannst m.a. skeljabrot í því. Hinn helmingurinn af sýninu er óhreinsaður og mætti notast í nánari skoðun á skeldýraleýfum.

Á 520 m dýpi var borað niður í 4-5 m þykkt bólstrað hraunlag ofan á móbergstúffi. Hraunlagið er fersklegt að sjá, aðeins vottar fyrir nær fersku basaltgleri. Túffglerið undir er hins vegar að mestu ummyndað.

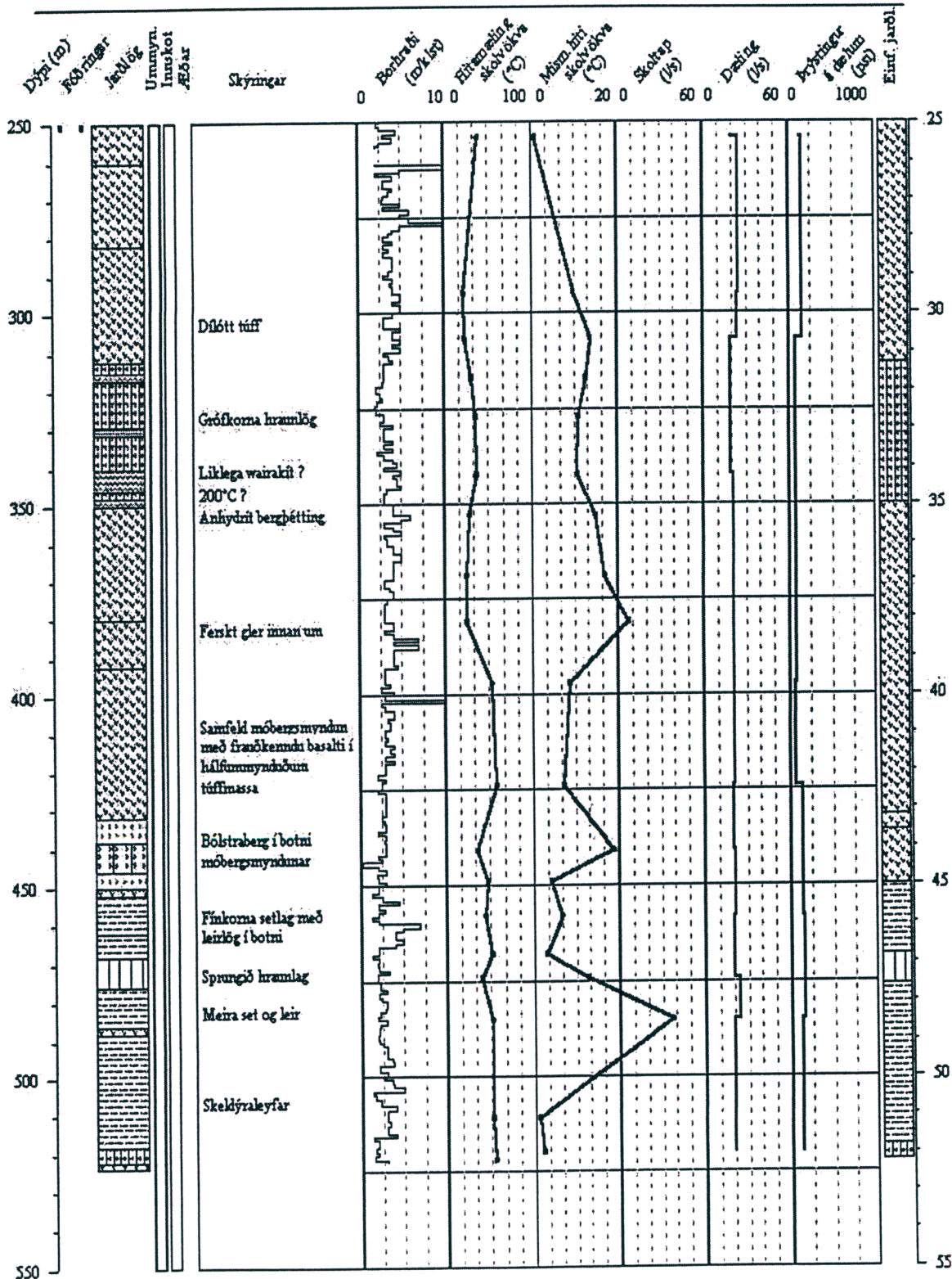


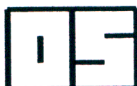
Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jöturn
Dýptarbil: 260-750

Skolvökvi: Gel
Verkhlufti: 2. áfangi 17 1/2" króna

Verknúmer: default
Starfsmenn: góf





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 11

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfr. HF

Holuvidd: 17 1/2"
Dýpi síðustu fódringar: 251,26 m
Skolvökvi: Borleðja

34. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 572 m
Dýpi kl. 07 : 592 m
Skoltap kl. 07: 0 L/s

Borun síðasta sólarhring: 66 m

Borverk

Síðasta sólarhringinn hefur verið borað með allt að 8 tonna álagi, og borkrónan lätin snúast 40-60 sn/mín. Hiti á leðju hefur verið um 53.6°C niður en 58.6°C upp og munar þar um 5°C.

Hallamælingar

Dýpi holu (m)	Mældýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
250	200	0.8		
485	400	1.0		

Jarðlög og ummyndun

Enn eru jarðlög ráðandi túffset niður í 592 m dýpi.



BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 12

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfr. HF

Holuvídd: 17 1/2"
Dýpi síðustu fóðringar: 251,26 m
Skolvökvi: Borleðja

35. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 642 m
Dýpi kl. 07 : 672 m
Skoltap kl. 07: 0 L/s

Borun síðasta sólarhring: 70 m

Borverk

Borun gengu vel og fer nú að draga að fóðringu. Búið er að ákveða að stoppa í 700 m +. Dýpi nú kl 16 er 690 m og hefur gengið hægt frá hádegi. Hart undir tönn. Fóðringardýpi verður náð í kvöld eða nótt. Hallamæld var í 600 m og hefur halli aukist um 2° á 200 m.

Hallamælingar

Dýpi holu (m)	Mældýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
250	200	0.8		
485	400	1.0		
640	600	3.0		

Jarðlög og ummyndun

Jarðlög eru ráðandi túff. Lögin hafa yfirleitt nokkur seteinkenni, sem líklegast bendir til að það hafi sett til úr gjóskuskýi, en það er einkenni gosa á grynningum, eins og alþjóð sá í Grímsvötnum um daginn, eða gjóskulögin í eldstöðvunum rétt utan við Reykjanesvitann þar sem Karlinn og "Kerlingin" eru leifar af. Setlagið nærri 600 m aftur á móti, er svo ósamstætt að líklegt er að það hafi orðið til t.d. við sjávarrof. Í þeim finnast meiri skeljaleifar.

Neðan 600 er sammfellt settúff niður að harða laginu í 688 amk, og er basaltsandkorn í túffinu vel rúnuð

Ummyndun jarðlaganna er töluverð. Þétt pökkun á túffgjóskunni veldur því þó að ekki er auðvelt að greina ummyndunarsteindir vel. Þýðingarmikil steind bættist í hópinn á 608 m dýpi en það er epidót. Sú steind byrjar yfirleitt ekki að myndast fyrr en hiti er kominn í 240-250°C, þannig að ljóst er að við erum að öllum líkindum komnir niður í jarðhitakerfið, svo fremi að epidótið hafi myndast við núverandi aðstæður.

Er neðar dregur verður epidót meira áberandi og stendur frítt upp af holuveggjum, með eða án kvarsnála. Ekki sjást merki um yfirprentun af yngri steindum, auk þess sem ummyndun eykst, og því stendur túlkun núverandi berghita (250°C +/-). Allur vökvi neðar ætti því að nýtast og því er óþarfi að bora dýpra fyrir fóðringu.

Jarðlagamynd verður birt í næstu dagskýrslu.



BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 13

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfræðingur/mælingamenn: GÓF/KB-GuH

Holuvídd: 17 1/2"
Dýpi síðustu fóðringar: 251,26 m
Skolvökvi: Borleðja

36. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 701 m
Dýpi kl. 07 : 701 m
Skoltap kl. 07: 0 L/s

Borun síðasta sólarhring: 59 m

Borverk

Fóðringardýpi í 701 m var náð kl 23:00 í gærkvöldi. Þá var skolað í 2 tíma og síðan hitamælt í stöngum fram yfir kl 3 í nótt. Brjáláð veður var fram til kl 9 í morgun og var ekki hægt að taka borstrenginn upp af þeim sökum. Holan var skoluð þar til veðrinu slotaði. Upptekt hófst upp úr kl 9 og líkur nú um hádegi. Þá verður jarðlagamælt fram eftir degi og síðan tekið til við fóðringu. Ef óveður setja ekki strik í reikninginn má búast við steypingu á föstudaginn.

Hallamælingar

Dýpi holu (m)	Mældýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
250	200	0.8		
485	400	1.0		
640	600	3.0		

Jarðlög og ummyndun

Síðustu metrarnir áðir en fóðringardýpi var náð boruðust hægt í gær. Í 686 m var komið í harða bólstrabergseitla í móbergsmýndun og hökkti nokkuð á þeim. Bólstrabergið er meðalkorna ólívín þóleift að gerð. Eins og fram kom í síðustu dagskýrslu vorum við orðnir ásáttir um að túlkun okkar á hitastigi út frá ummyndun benti til að berghiti væri nærri 250°C og því væri ekki ástæða til að fóðra holuna dýpra. Yfirlit yfir jarðlög holunnar og ummyndun er sýnt á jarðlagamynd.

Mælingar

Hitamælt var í stöngum í nótt frá kl 01 til 03:30 eða þar um bil. Upphitun er hæg, enda engin æð í holunni, og hiti rétt milli 60-70°C svo sem meðfylgjandi hitamyndir sýna.



BORVAKT Á REYKJANESI, RN-10 DAGSKÝRSLA # 14

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfræðingur/mælingamenn: GÓF/KB-GuH

Holuvídd: 17 1/2"
Dýpi síðustu fóðringar: 251,26 m
Skolvökvi: Borleðja

37. verkdagur

Dýpi kl. 24 :	<u>701 m</u>
Dýpi kl. 07 :	<u>701 m</u>
Skoltap kl. 07:	<u>0 l/s</u>

Borun síðasta sólarhring: <u>m</u>

Borverk

Upptekt hófst upp úr kl 9 og lauk um kl 16. Við upptekt tók dálítið í á um 550 m dýpi. Leirgöndull hékk neðan í krónu þegar hún kom upp.

Þá var byrjað á jarðlagamælingum. Fyrst var hitamælt. Hitamælir komst ekki nema niður í 520 til 550 m, settist einversstaðar á því bili. Þá var prófað að renna niður víddarmæli, sem er þyngri, og komst hann í botn. Holan var þá víddarmæld og reyndist hún standa mál að mestu nema í 520-550 m dýpi. Þar var þrenging allt að 12" þar sem mest var. Réðu menn ráðum sínum um viðbrögð meðan jarðlagamælingar voru kláraðar að mestu. Síðari víddarmælingin var svipuð (sjá myndir). Ákvörðun var tekin undir miðnætti í gærkvöldi að fara niður með krónu og hreinsa holuna. Síðan verður holan trúlega skoluð eitthvað og víddarmæld aftur á morgun til að sjá hvort hreinsunin hafi ekki tekist sem skyldi. Steypingu seinkar a.m.k. um sólarhring og verður um helgina.

Yfirlit yfir verkgang í borun 1. og 2. áfanga holunnar er sýnt á mynd 1.

Jarðlög og ummyndun

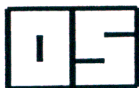
Yfirlit yfir jarðlög og mælingar í borun er sýnt á myndum 2a og 2b. Þar er helstu atriða um ummyndun jafnframt getið.

Leirinn sem upp kom með krónunni reyndist vera gelkaka. Hún gæti verið frá 520-550 m dýptarbilinu og verið ástæða þrengingarinnar í holunni, án þess að hægt sé að fullyrða það nema eftir hreinsuð og sýnatöku. Hins vegar eru engir skápar í holunni og því líklegast að um gelköku sé að ræða.

Mælingar

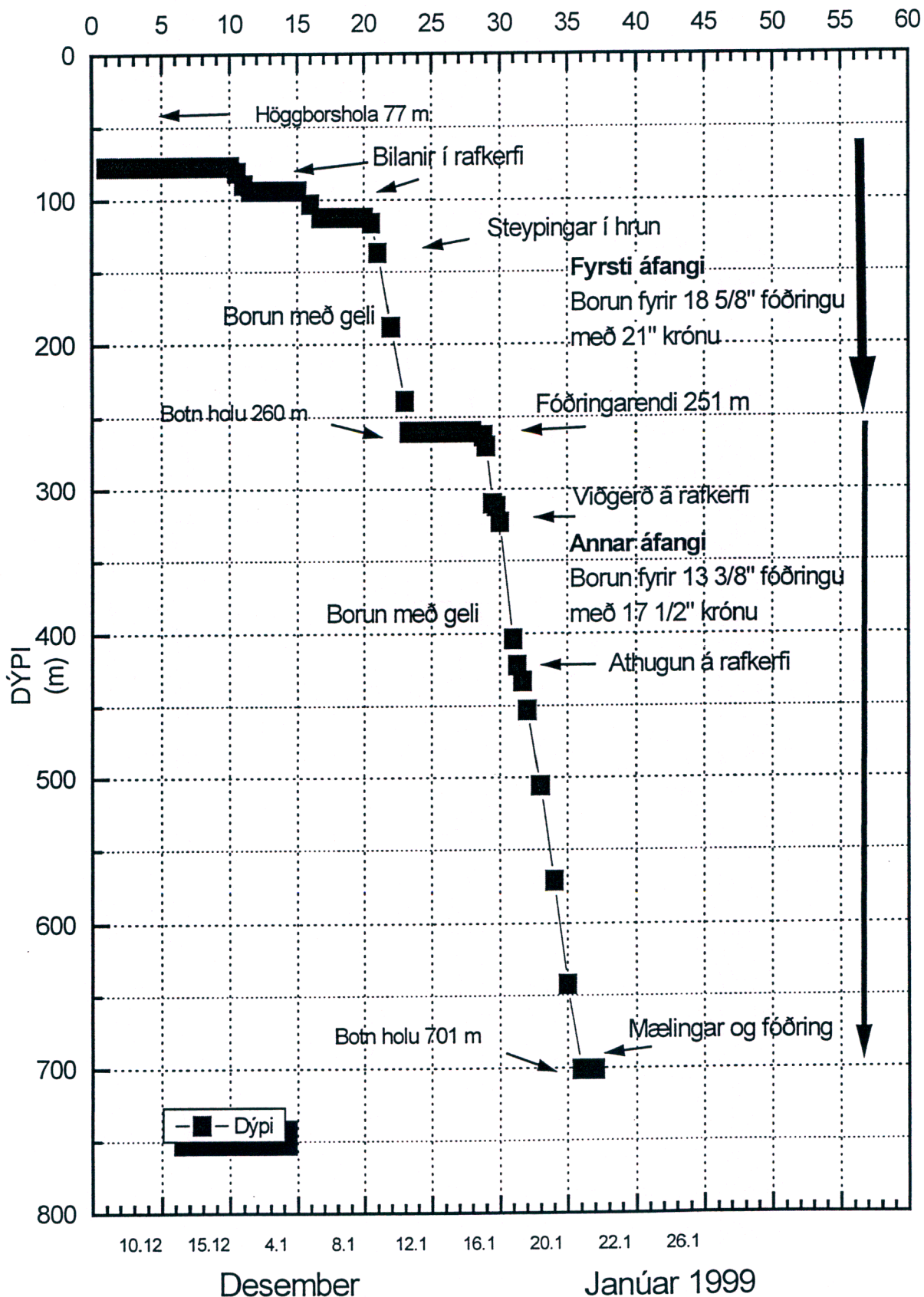
Hitamælt var í stöngum í nótt frá kl 01 til 03:30 eða þar um bil. Upphitun reyndist hæg, enda engin æð í holunni, og hiti rétt milli 60-70°C. Hitaferlar úr þeim mælingum eru hálf skritnir. Ástæðan er sú að grind sem á að hlífa hitanemanum fyllist af geli og einangrar nemann. Nauðsynlegt (eða best) væri að hreinsa gelið úr stöngunum áður en hitamælt er í stöngum

Eftir upptekt var byrjað á jarðlagamælingum. Fyrst var hitamælt. Hitamælir komst ekki nema niður í 520 til 550 m, settist einversstaðar á því bili. Þá var prófað að renna niður víddarmæli, sem er þyngri, og komst hann í botn. Holan var þá víddarmæld og reyndist hún standa mál að mestu nema í 520-550 m dýpi. Þar var þrenging allt að 12" þar sem mest var (sjá myndir). Hola var síðan jarðlagamæld eftir því sem hægt var vegna hita og eru hráar mælingar birtar hér að aftan.



Gangur borunar

Verkdagar



Mynd 1. Verkgangur borunar holu RN-10

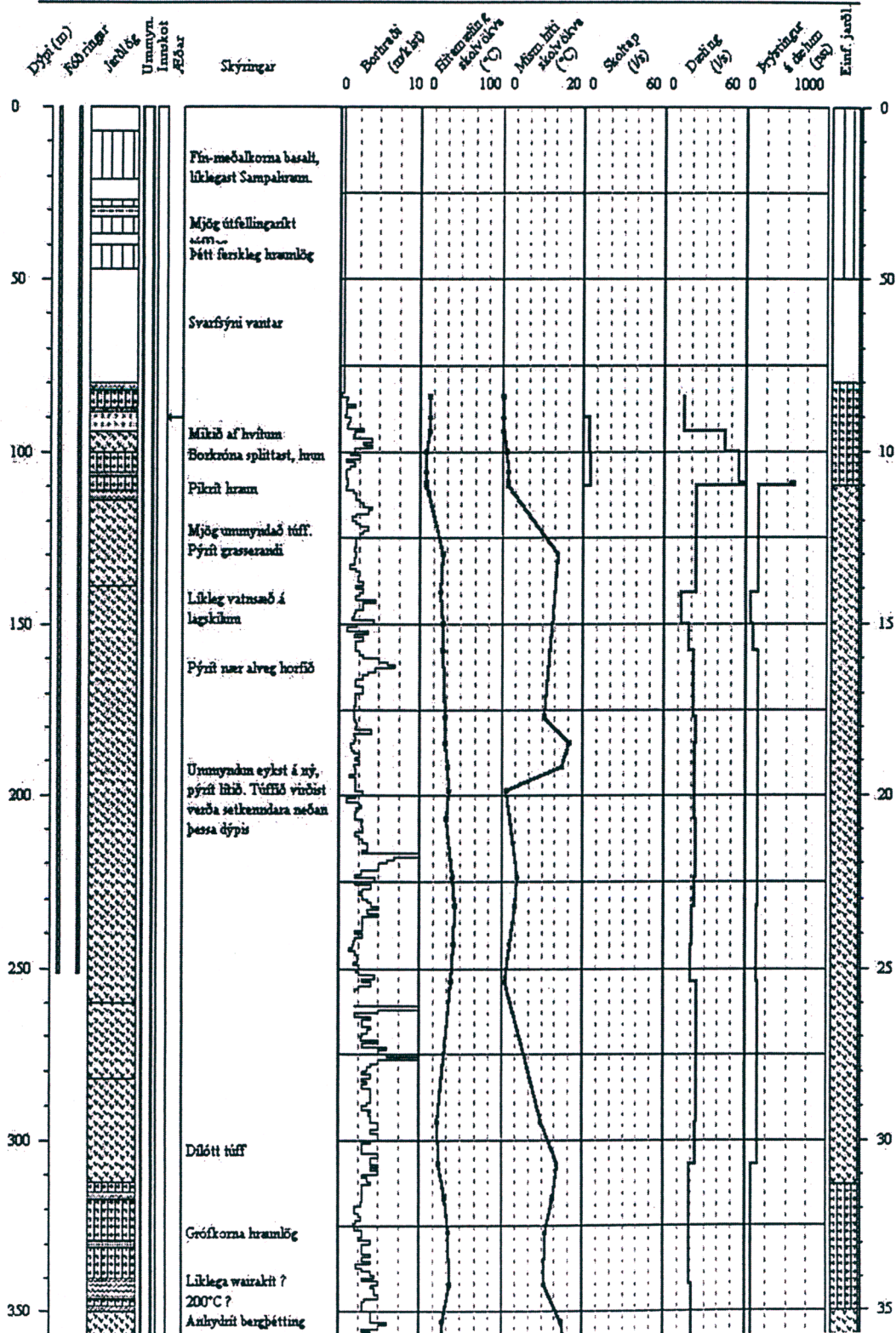


Staður: Reykjanes
Holumafl: RN-10

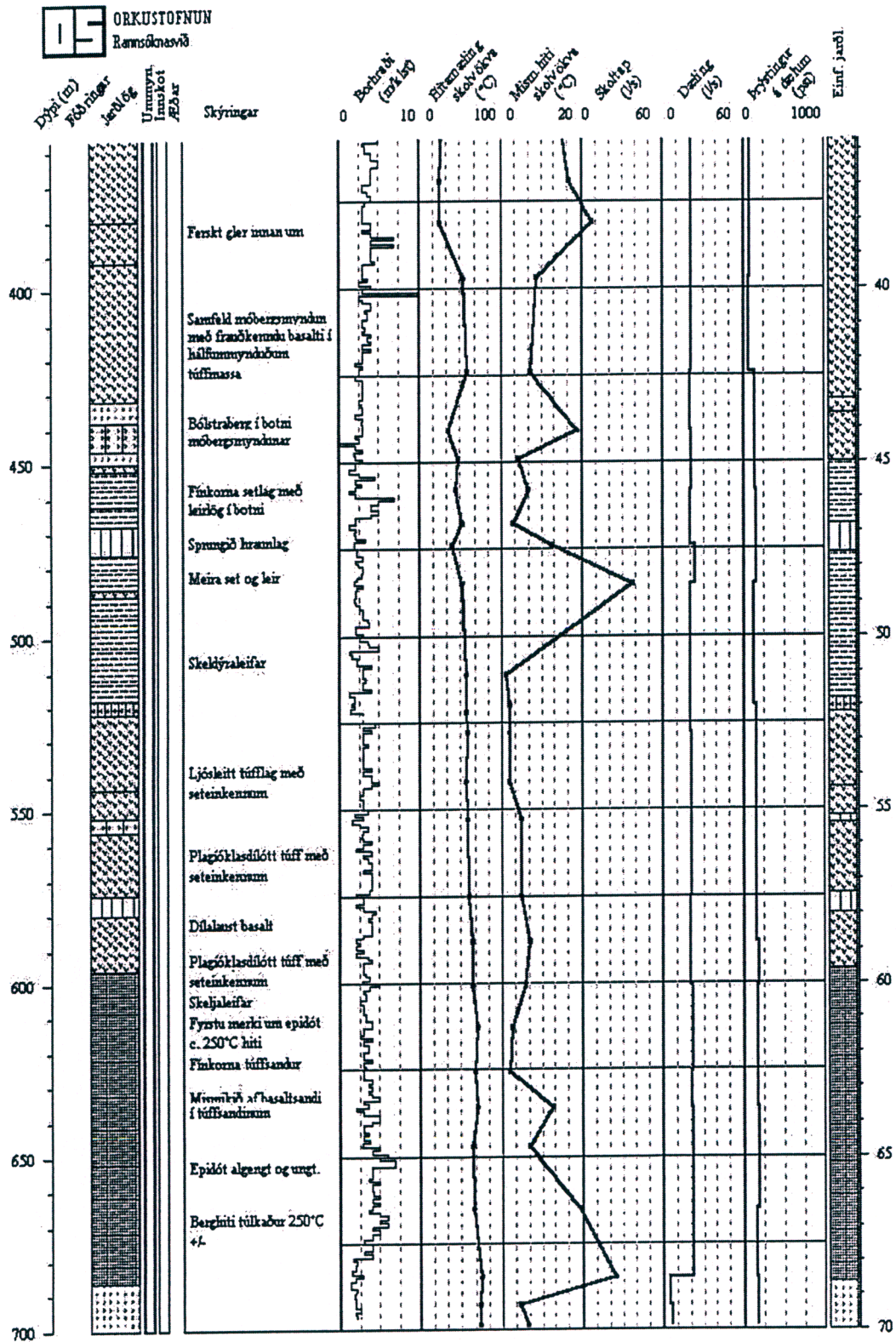
Bor: Jótunn
Dýptarbil: 260-701

Skolvákri: Gel
Verkhúti: 2. áfangi 17 1/2" króna

Verknúmer: default
Starfsmenn: góf

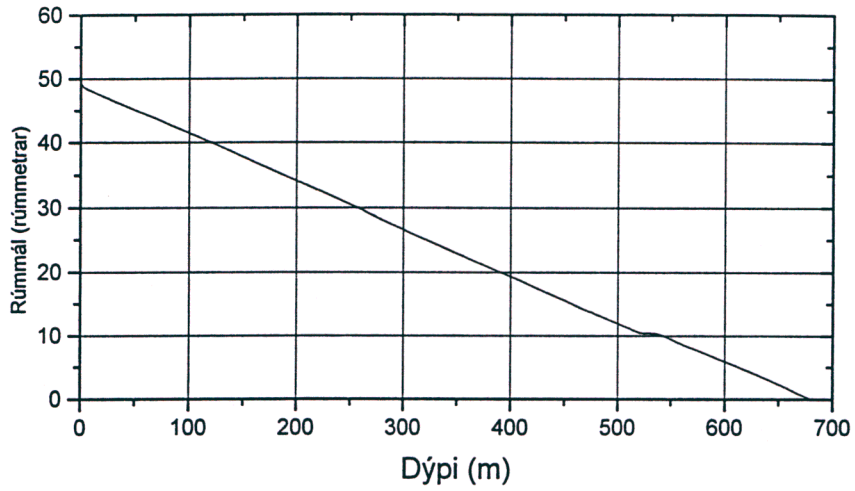


Mynd 2 a. Yfirlit yfir jarðlög og mælingar í 1. og 2. áfanga holu RN-10 Reykjanesi.

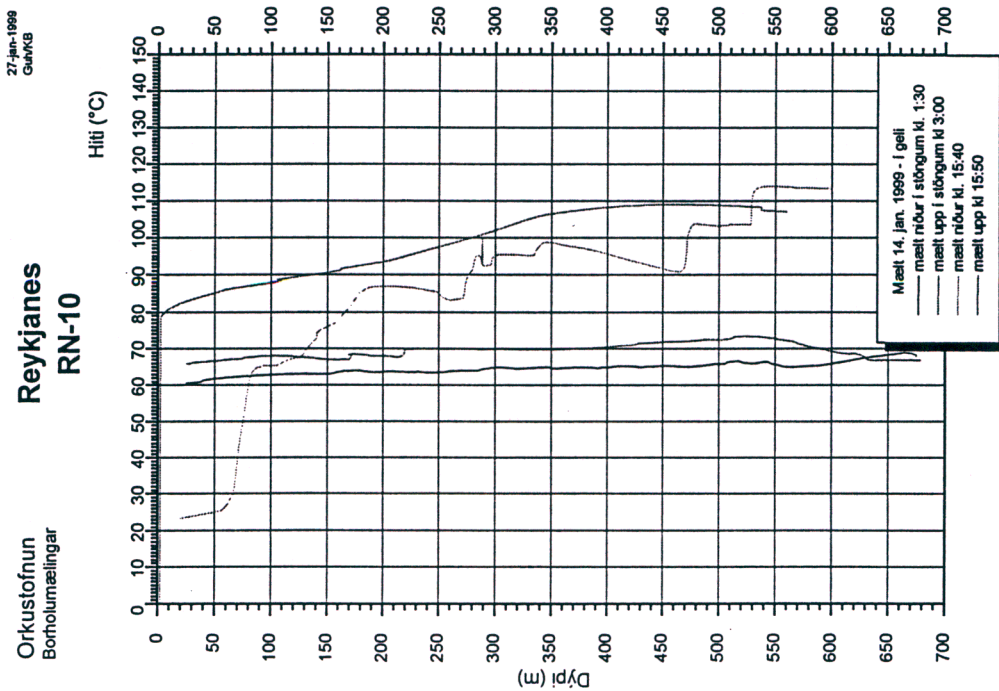


Mynd 2 b. Yfirlit yfir jarðlög og mælingar í borun 1. og 2 áfanga holu RN-10, Reykjanesi.

Reykjanes hola RN-10
Rúmmál utan 13 3/8" fóðringar



Mynd 3. Útreiknað steypumagn út frá víddarmælingu.

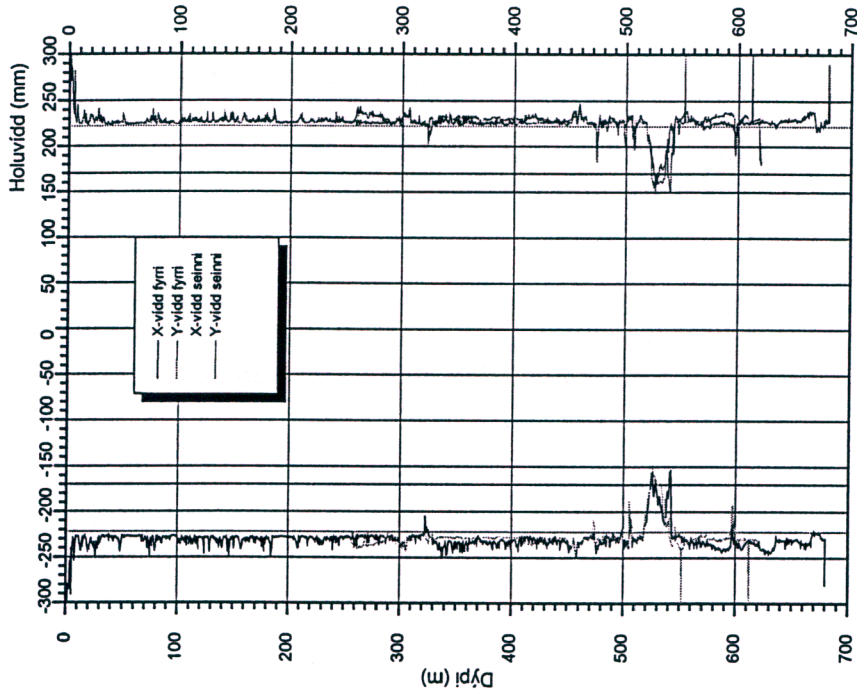




27. Jún. 1999
GHR/KJG/ÓF

Reykjanes, hola RN-10

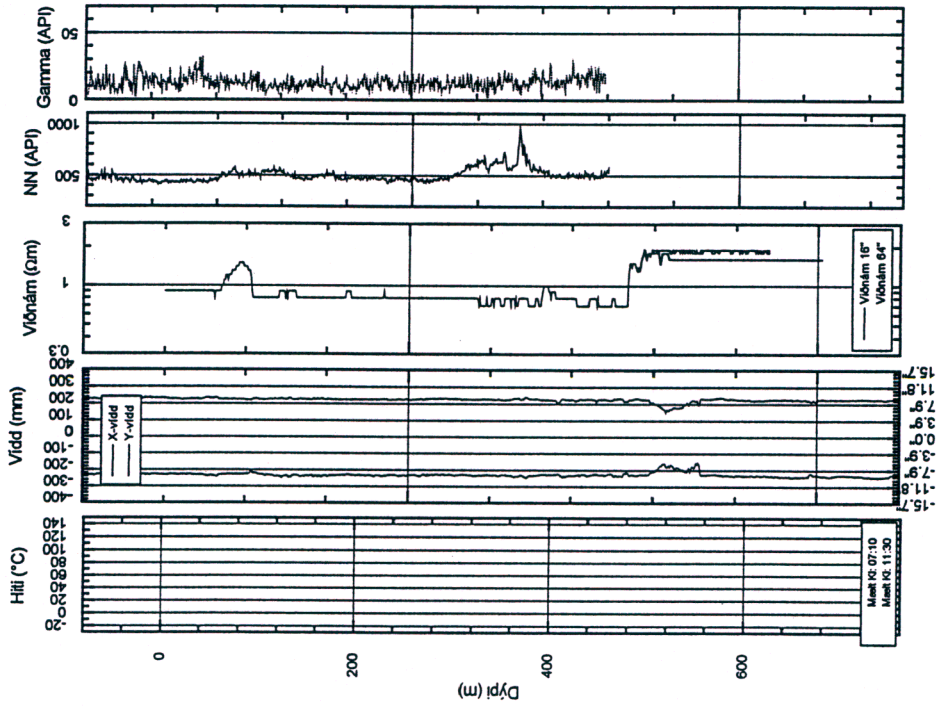
Orkustofnun
Borholumælingar



26. Agust, 1998
HSX/B

Reykjanes RN-10 Mælingaprógramm í 2. áfanga

Orkustofnun
Borholumælingar



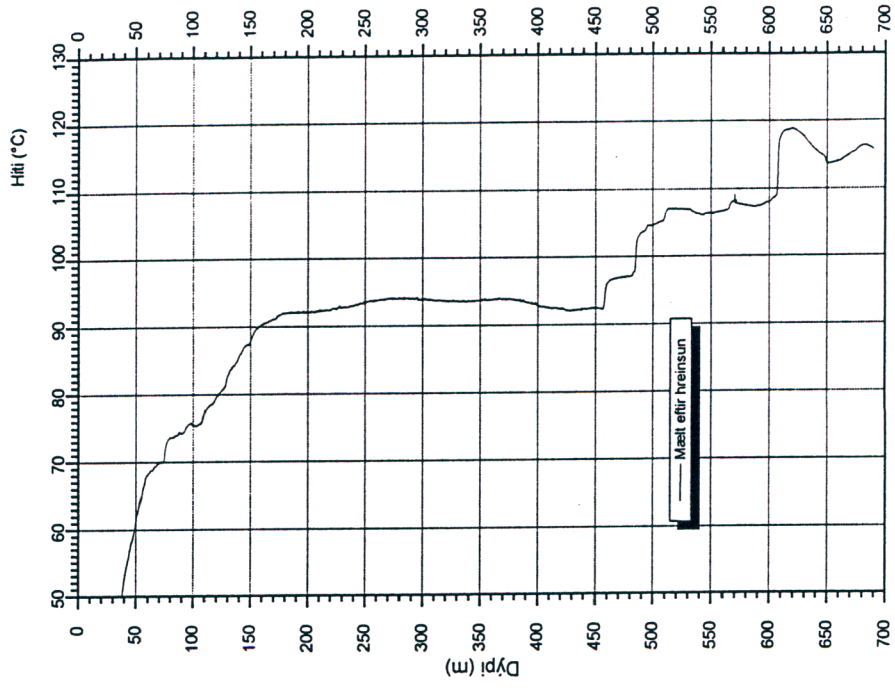
Dagsskýrsla númer 15

Hér eru nýjustu hita- og víddarmælingar úr holu RN-10. Þetta er hitamæling eftir upptekt að lokinni hreinsun holunnar um hádegisbilið þann 28. Janúar. Þar kemur fram að vel fram hve skolun með geli kældi holuna lítið. T.d. er hiti komin strax í 90°C á 150 m dýpi. Mælirinn fór í um 690 m dýpi og var hiti þar um 120°C. Sem fyrr var holan full af geli og trúlegt að það hafi einangrað skynjarann. Botn hiti kann því að hafa verið eitthvað hærri.

Síðari myndir sýnir annars vegar vídd holunnar strax eftir upptekt að borun lokinni, en hin síðari sýnir víddina eftir að drulluþrengingin hafði verið hreinsuð. Eins og sést á myndinni hefur nokkurn veginn tekist að ná þrengingunni úr holunn.

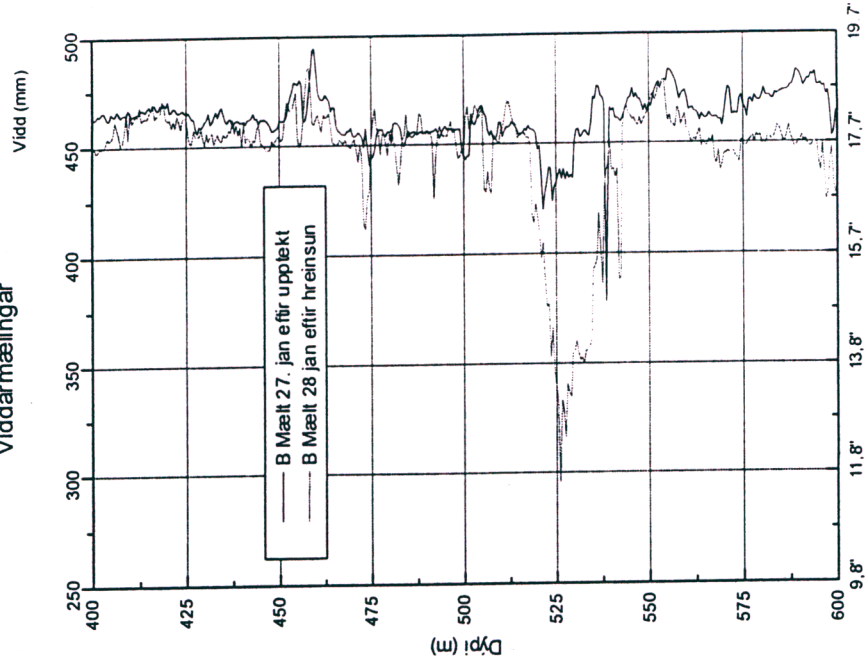
28. jan. 1999
BS

Orkustofnun
Borholumælingar
REYKJANES HOLA RN-10
Hitamæling eftir 28. janúar 1999



Orkustofnun
Bornolumælingar

REYKJANES HOLA RN-10
Viddarmælingar



Dagsskýrsla 16

Fóðrun holu RN-10 með 13 3/8" fóðringu lauk um miðjan dag föstudaginn 29. janúar. Eftir að stangir voru settar niður og tengdar við stungustykki var gel hreinsað úr holunni og hún kæld fram á laugardagsmorgun. Ekkert skoltap var í holunni í skoluninni samkvæmt upplýsingum bormanna. Steyping fóðringarinnar hófst á ellefta tímanum og lauk um klukkan 12 á hádegi þann 30. janúar. Notuð voru um 90 tonn af sementi og steypist fóðringin upp. Steypan seig síðan og var fyllt upp utan með um klukkan 16 með um 6 tonnum af sementi. Klukkan 23 mættu mælingamenn OS á svæðið og hitamældu holuna og steypumældu. Lauk mælingum rétt fyrir klukkan 2 aðfaranótt sunnudagsins 31. Janúar.

Mælingarnar eru sýndar á meðfylgjandi myndum. Hitamælingin sýnir að hiti holunni tæpum 12 tímum eftir steypingu var á undir 70°C allt til botns sem mældist á 670 m dýpi (stungustykki). Steypumælingin sýnir síðan góða steypi niður með allri fóðringunni. Steypan er reyndar ekki orðin fullhörðnuð enda aðeins um 13 tímar liðnir þegar mælt er. Það er þó ljóst að steyping fóðringarinnar hefur tekist mjög vel og þarf ekki að fjölyrða meira um það, enda löngu kominn sveftími á undirritaða.

Kveðjur
Benedikt Steingrímsson
Kjartan Birgisson

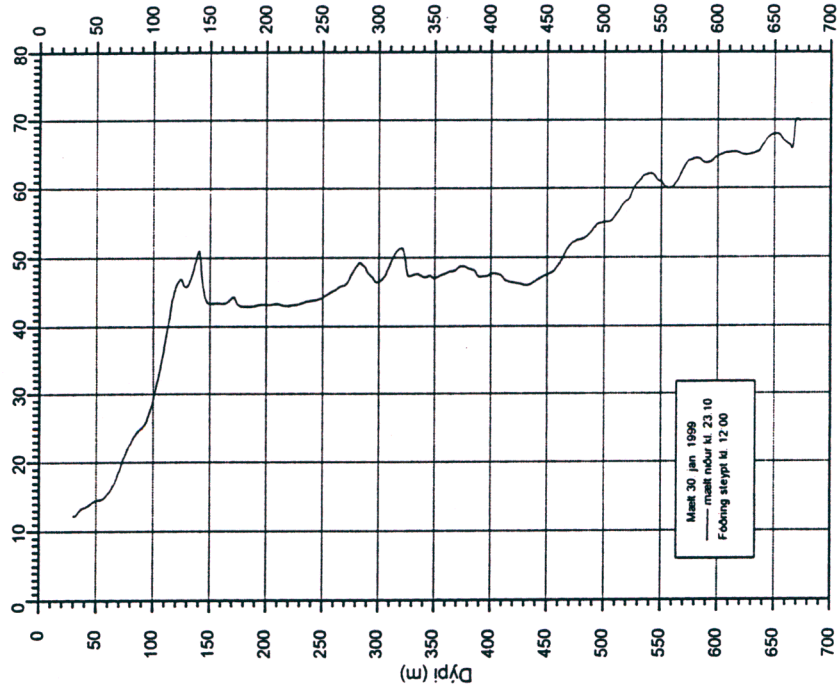
31-jan-1999
BSMB

Reykjanes Hóla RN-10

Orkustofnun
Borholumælingar

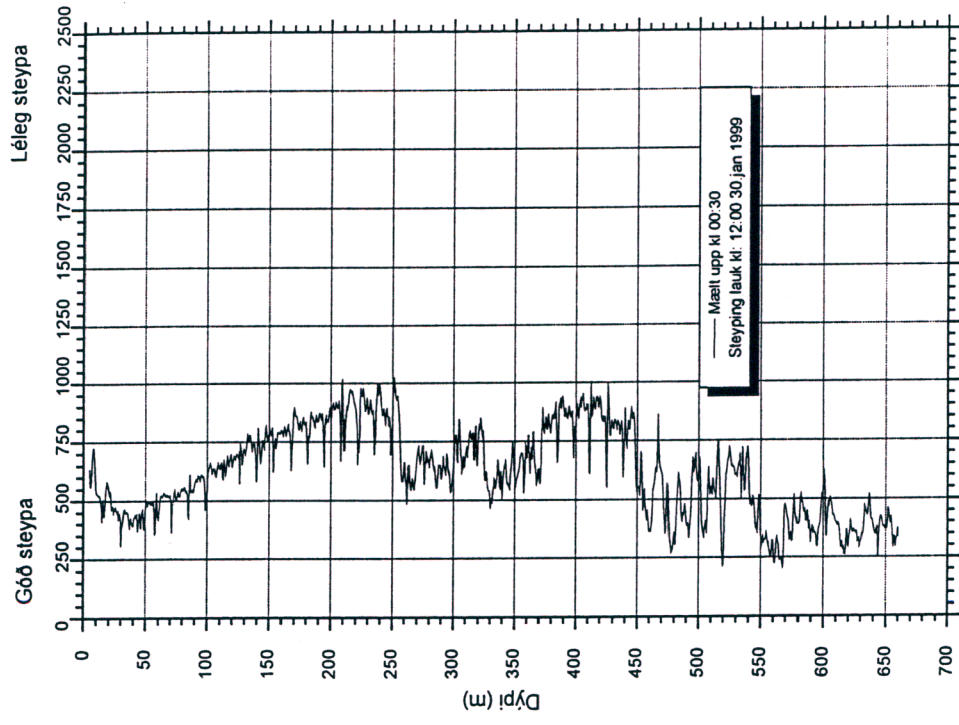
Hitamæling eftir steypingu

Hiti (°C)



Mislikt 30 jan 1999
— mælt niður kl. 23 10
Fóðing steypt kl. 12 00

Reykjanes Hóla RN-10





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 17

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hóla: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfræðingur/mælingamenn: GÓF/

Holuvídd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóduringar: 691,14 m
Skolvökvi: Vatn

43. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 737 m
Dýpi kl. 07 : 758 m
Skoltap kl. 07: 0 L/s

Borun síðasta sólarhring: 36 m

Borverk

Stutt yfirlit yfir síðustu daga. Aðfaranótt fimmtudags var gelkaka í 520-550 m hreinsuð úr holunni, og tók hreinsun og uppteikt um 1/2 sólarhring. Víddarmæling sýndi að hreinsunin hafði tekist sem skyldi. Klárað var að jarðlagamæla holuna, og stóðu mælingar yfir frá 12-15:45. Þá var gert klárt fyrir fóduringu og síðan fódrað frá kl 18 til kl 12 næsta dag, föstudaginn 29. janúar, stangir settar niður fyrir steypingu og holan síðan kæld til kl. 11 næsta morgun.

Steypt var úr 84 tn af sementi og var eðlisþyngd steypu 1.62. 375 kg af tafefni var notað. Steyputími 58 mín. Steypa kom upp og seig síðan aðeins að vanda. 6.3 tn af sementi voru notuð í utanmeð steypingu 4 tímum eftir 1. steypingu. Fóduringarendi er í 691.14 m en 17 1/2" holubotn í 701 m dýpi. Skorið var ofan af fóduringu 15 tímum eftir steypingu. Fóduringarskýrsla frá Jarðborunum hf er send með þessari dagskýrslu í sérstöku viðhengi í fréttaskeytinu. Steypugæði voru mæld og reyndust fin svo sem fram kom í síðustu dagskýrslu (16).

Að undanskildum 2 tímum í steypugæðamælingu, fór allur sunnudagurinn 31. janúar, í suðuvinnu og uppsetningu öryggisloka. Upp úr miðnætti aðfaranótt mánudags voru síðan settar niður stangir og hola kæld til hádegis næsta dag og allt gert klárt fyrir borun vinnsluhluta holunnar. Þá gerði vitlaust veður og var óvinnandi til kvölds. Þá náðist að taka upp og síðan að setja niður borstrenginn. Hann er þannig, 12 1/4" króna (0.35 cm), krónustubbur (0.71 cm), rýmari (1.73 cm), álagsstöng (9.44 cm), rýmari (1.67 cm) og síðan 10 álagsstangir. Tæpir 14 m eru frá krónu upp fyrir efri rýmara, og 118 m í kollabrstíði.

Stungustykkið, steypa og botnskórinn voru síðan boruð út milli kl 4 - 13 þriðjudaginn 2. febrúar og hóft síðan borun í berg frá 701 m dýpi. Á miðnætti var 736 m dýpi náð og 765 m kl. 9 í morgun. Skoltap er mælt reglulega á 4 tíma fresti að vanda. Ekkert skoltap hefur mælst ennþá.



BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 18

<i>Verkkaupi:</i>	Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i>	Jarðboranir hf.
<i>Hola:</i>	RN-10	<i>Bortæki:</i>	Jötunn
<i>Staðarnúmer:</i>	18910	<i>Jarðfræðingur/mælingamenn:</i>	GÓF/

Holuvídd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

44 verkdagur

<i>Dýpi kl. 24 :</i>	<u>814 m</u>
<i>Dýpi kl. 07 :</i>	<u>836m</u>
<i>Skoltap kl. 07:</i>	<u>0 l/s</u>

Borun síðasta sólarhring: <u>77 m</u>
--

Borverk

Borun gekk að óskum allan daginn í gær og í nótt. Borað er með 7-10 tn álagi, skolmagn er um 40 l/s dæluþrýstingur um 450 psi, átak á krónu 100-150 amp og snúningshraði 40-60 sn/min. "Autopilot" (sjálfslakari) var settur á í gær og tommaði snyrtilega niður úr móbergsmýndun undir 10 tn álagi. Jarðfræðingur nánast fann hvernig móbergstúffði kvarnaðist upp í heppilegri kornastærð til skoðunar. Ekkert skoltap mælist enn.

Jarðlög og mælingar í borun

Yfirlit yfir jarðlög frá 600m dýpi niður 800 m er sýnt á meðfylgjandi mynd ásamt mælingum í borun. Ekkert skoltap hefur mælst ennþá, en sprungufyllingar sáust á 750 m dýpi. Rétt þar ofan við er grófkorna innkot (kallað dólerít). Það er 3-4 m þykkt og nokkuð ummyndað að sjá. Það gæti tilheyrð móbergsmýnduninni sem það sker, en er úr mun grófkornóttara basalti en basaltið í bólstraberginu.

Samfelld móbergsmýndun nær frá fóðringarenda niður í 800 m dýpi a.m.k. Bólstaberg er áberandi mikið efst í myndunni og yfirleitt meira en 50 % af heildinni. Hinn hlutinn er úr móbergstúffi sem myndaðist í sama neðansjávargosi. Ummyndun er svipuð og ofan fóðringar, en magn epidóts minnkar heldur er neðar dregur og ásjáindin verður heldur frísklegri eða fersklegri (minna ummynduð). Epidót, kvars og prenit eru ráðandi steindir.

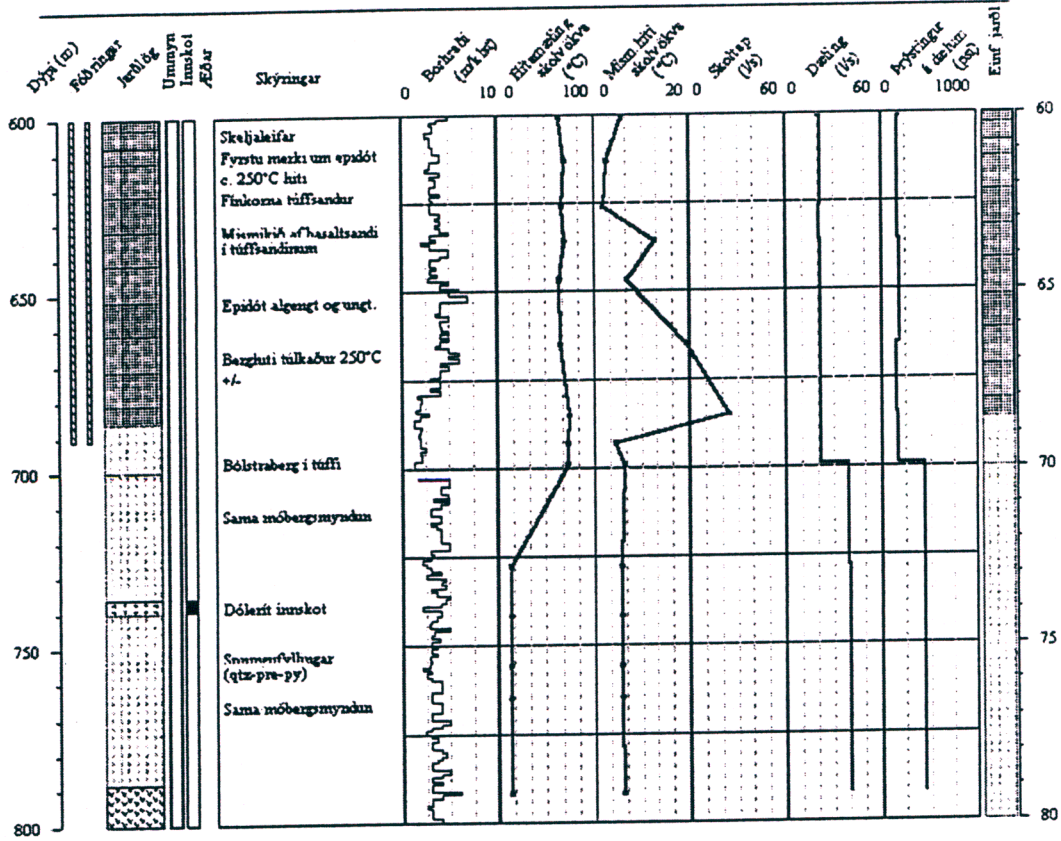
Á 790 m dýpi verður túff nær einrátt en bólstramir hverfa.

Staður: Reykjanes
Holunarn: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbíl: 701-2000

Skolvdóki: Vatn
Verkhilun: 3 áfangi, 12 1/4" króna

Verksnúmer: default
Starfsmenn: gof





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 19

<i>Verkkaupi:</i>	Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i>	Jarðboranir hf.
<i>Hola:</i>	RN-10	<i>Bortæki:</i>	Jötunn
<i>Staðarnúmer:</i>	18910	<i>Jarðfræðingur/mælingamenn:</i>	GÓF/

Holuvídd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fódringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

45 verkdagur

<i>Dýpi kl. 24 :</i>	<u>896 m</u>
<i>Dýpi kl. 07 :</i>	<u>920m</u>
<i>Skoltap kl. 07:</i>	<u>0 l/s</u>

<i>Borun síðasta sólarhring:</i>	<u>82 m</u>
----------------------------------	-------------

Borverk

Dýpi kl 9 í morgun ver 928 m. Borun gekk að óskum allan daginn í gær og í nótt. Borað er með 7-10 tn álagi, skolmagn er um 40 l/s, dæluþrýstingur um 450 psi, átak á krónu 100-150 amp og snúningshraði 40-60 sn/min. En er berg lint. Ekkert skoltap hefur mælst.

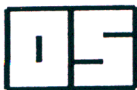
Hallamælt var í 800 m dýpi og reyndist halli 2.6°. Hallamælt verður í 900 m í dag.

Jarðlög og mælingar í borun

Botninn á móbergsmýnduninni, sem borað var í frá fódringarenda, er á 818 m dýpi. Hún er túffrik í neðstu 20 m, nema allra neðst þar sem slangur af bólstrabergi er með. Neðan við móbergshrygginn er gamall sjávarbotn úr fingerðum túffsandi, fállegum. Skeldýraleifar kunna að vera til staðar en þá mjög illa farnar af ummyndun. Hins vegar er túffsetið nokkuð gropið, og talsvert opið því holufylling af epidóti og kvarsir nær ekki að fylla holrýmið, þó mikið sé af steindunum.

Túffsetið nær a.m.k. niður í 860 m dýpi og er vel lagskipt, með siltlinsum, sandsteini og svo gjallkenndu samlímdu gostúffi sem sest hefur til í misþykkum lögum. Reynt er að nálgast setásýndina með mismunandi mynstri á meðfylgjandi jarðlagamynd. Aðalatrið er þó að um setberg er að ræða. Ný ummyndunarsteind bætist í hópinn á 866 m dýpi. Heitir sú wollastónit og gefur lágmarkshita um 260-270°C til kynna. Þræðirnir vaxa upp af epidóti inn í hálfyllta blöðru.

Menn muna eftir að skeldýraleifar fundust á 500 m og 600 m dýpi í sjávarseti. Talsvert af steingervingum hafa fundist við nánari skoðun á þessum sýnum, einkum úr 600 m dýpi. Til gamans eru hér sýndar nokkrar myndir af þessum skeljum, sem Bjarni Richter greindi til tegunda og tók myndir af og sendi hingað á borvaktina. Þetta varðar kannski ekki beinlínis jarðhitann, en er þeim mun merkilegra varðandi jarðsöguna og hið forna umhverfi sem hýsir háhitasvæðið. Í rauninni er líkara því að við séum að bora í Reykjanesshrygginn fremur en í Reykjaneskagann, en sem kunnugt er þá eru mörg óvirkjuð háhitasvæði á úthafshryggjunum. Gagnsemin af skeldýraleifum er ekki síst sú að með nákvæmri tegundagreiningu er hægt að gera sér grein fyrir hafýpi á fundarstað sem þessum ef heppnin er með. Það er t.d. forvitnilegt að vita hvort skelýrin lifðu við strönd eða á nokkur hundruð metra hafdýpi. Slík vitneskja tengist jarðsögu svæðisins með því að geta sagt til um stærðargráðu jarðsigs á jarðhitasvæðinu svo dæmi sé tekið, og varðar þannig upphleðslusögu svæðisins og þar með þróunarsögu jarðhitans.



Borgögn RN-10 Reykjanes

5.2.1999

Staður: Reykjanes

Bor: Jötunn

Skolvökvi: Vatn

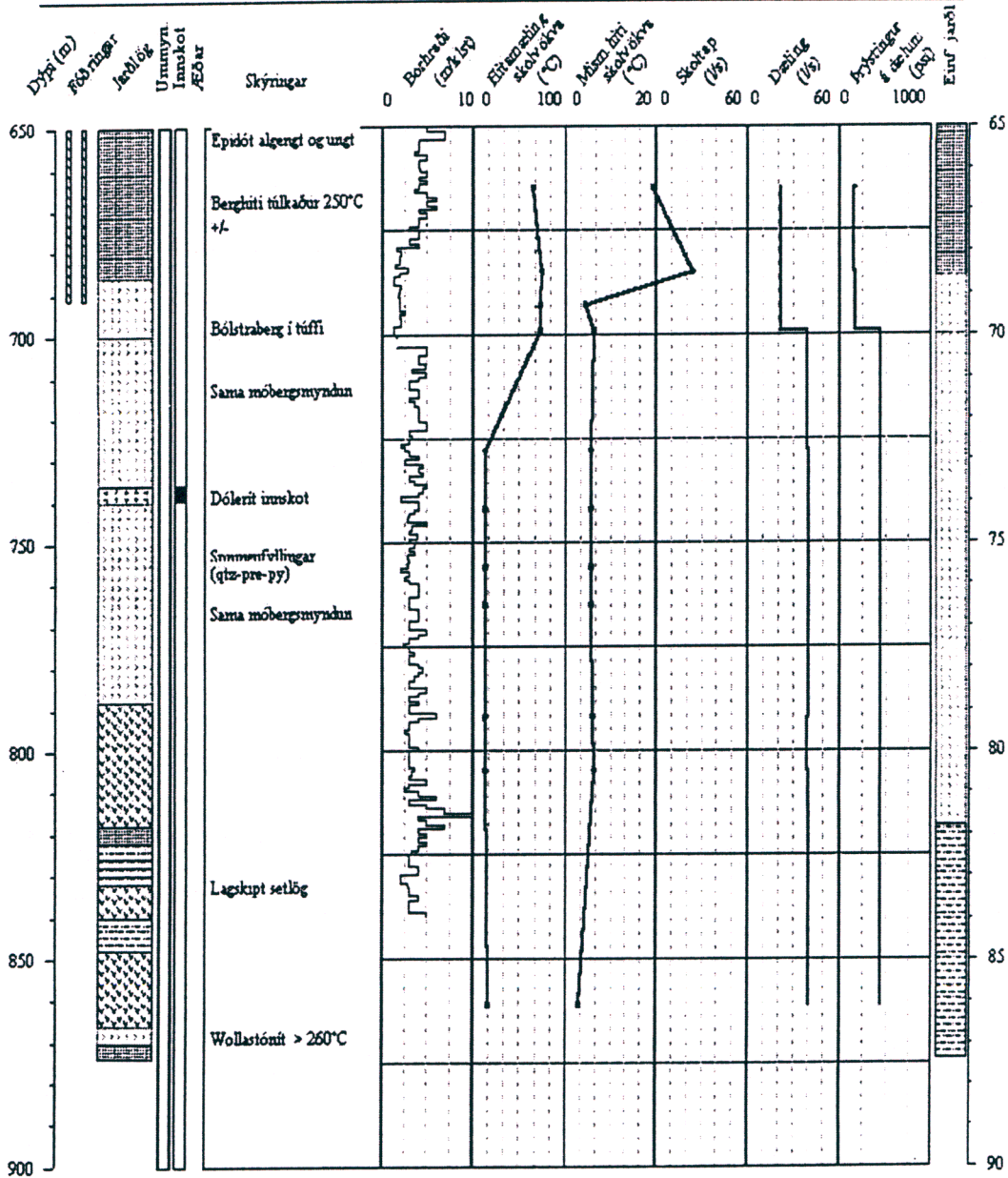
Verknúmer: default

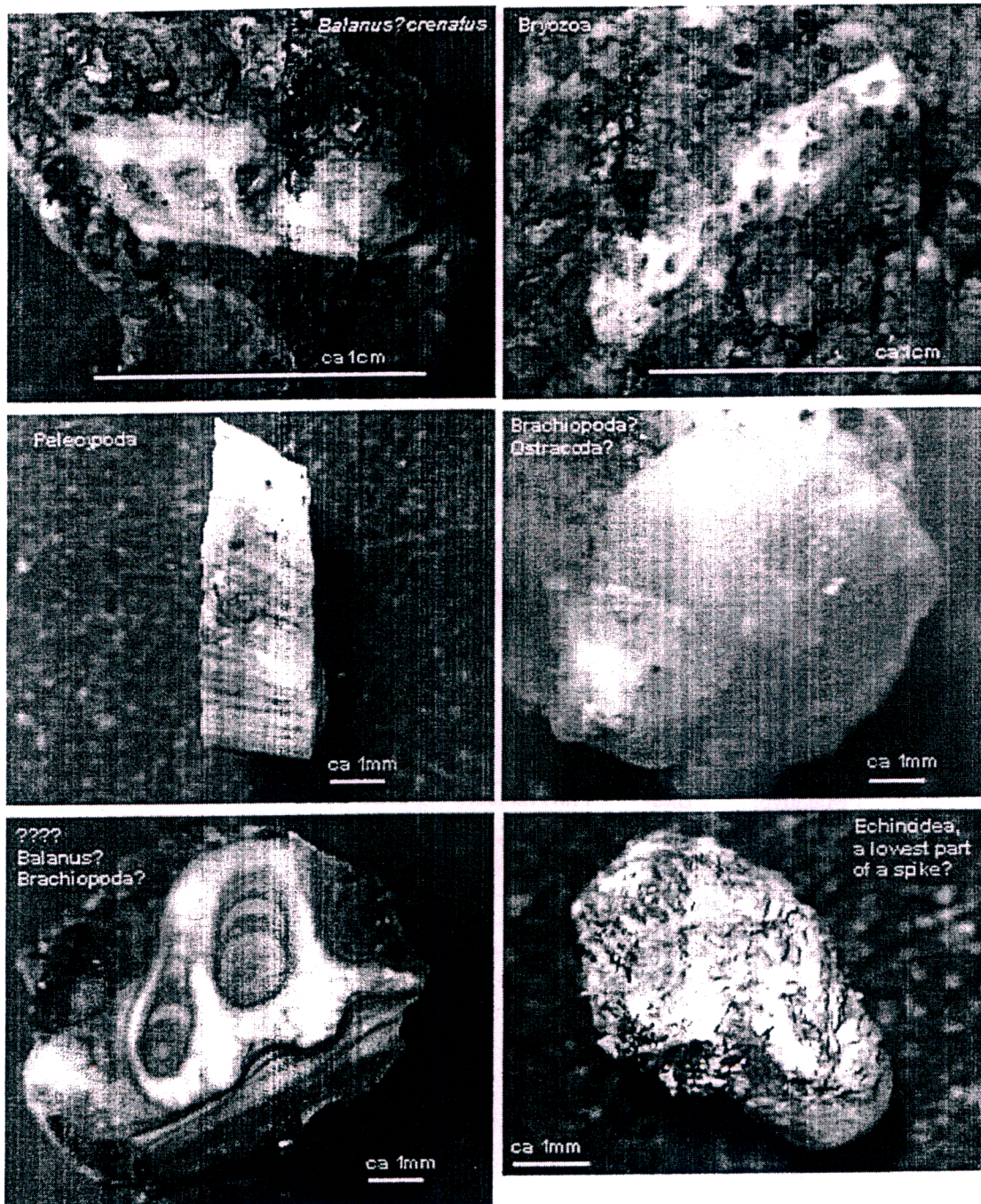
Holunafn: RN-10

Dýptarbil: 701-2000

Verkhiluti: 3 áfengi, 12 1/4" króna

Starfsmenn: GÖF





Mynd 2. Talið að ofan frá vinstri til hægri og síðan niður: Hróðurkarl (balanus), mosadýr (bryozoa), samloka (pelecypoda), skeljakrabbi (ostracoda), armfætla (brachiopoda) og ígulker (echinodea).



BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 20

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja Verktaki: Jarðboranir hf.
Hola: RN-10 Bortæki: Jötunn
Staðarnúmer: 18910 Jarðfræðingur/mælingamenn: HF-GÓF/

Holuviðd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fôðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

46. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 981 m
Dýpi kl. 07 : 1005 m
Skoltap kl. 07: 0 l/s

Borun síðasta sólarhring: 86m

Borverk

Dýpi klukkan 8 í morgun var 1010 m. Borun gengur ljúft fyrir sig og ekki nein vandamál þar, nema að vatnsæðar mega fara að gera vart við sig. Áfram er dælt um 40 l/s í hringdælingu. Hitamunur á skolvatni sem fer niður og því sem upp kemur er um 8°C. Þrýstingur á dælum er um 470 psi, amper mælir í um 160 (áreynslumælirinn) og álag rokkar svona frá 5-10 tonn, og ræðst það af því að halda borhraðanum í skefjum (enda er Umferðaráð sífellt að biðja menn að aka ekki of hratt).

Hallamælt var í 800 m dýpi og reyndist halli 2.6°. Hallamælt var í 900 m í dag og hefur holan heldur rétt sig af og er orðin 2.1° frá lóðréttu.

Hallamælingar

Dýpi holu (m)	Mældidýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
250	200	0.8		
485	400	1.0		
640	600	3.0		
826	800	2.6		
932	900	2.1		

Jarðlög og ummyndun

Á meðfylgjandi mynd er sýnt jarðlagasnið frá um 800 m niður á 1010 m dýpi, en því dýpi var náð í morgun. Í um 940 m dýpi breytist berggerðin í móbergstúff sem einkennist af plagióklasdílum (kristóllum), og nær það túff niður á tæplega 970 m dýpi. Neðst í því verður það setkennt. Þá taka við tvö hraunlög, og þar neðan við verða einkennin lík og vænta má í bólstrabergi.

Um ummyndun bergsins mætti margt segja, og þar sem hér skín sól, Schubert píanó sónatan gælir við heyrnina og síðast en ekki síst að nú er laugardagur og þá vænta menn þess að fá menninguna, ætla ég að láta það flakka smávegis hingað á síðuna.

Eins og menn kannske muna úr fyrri holubréfum þá horfum við á úfellingar og ummyndun bergsins einkum með tilliti til tveggja þátta, þ.e. hvað segir hún okkur um væntanlegan hita í berginu sem verið er að bora í og hins vegar, hvað segir hún okkur um lektina.



Í fyrrnefnda tilvikinu nefnum við steindir eins og kvars (>180°C), klórit (>230°C), epidót (>230°C), wollastonit (>270°C) sem segir okkur að þegar við sjáum þær steindir fyrst í berginu getum við sett þessi hitastig, og einnig það að nú eða á fyrri tímaskeiðum hefur bergið verið svona heitt í "jarðhitakerfinu".

Í síðarnefnda tilvikinu, þ.e. hvað ummyndun getur sagt okkur um lektina, er kannske ekki eins mikið rætt, enda gögn oft ekki einhlýtt um það atriði. Við höfum þó reynt svolítið að klóra þar í bakkann. Þið hafið kannski stundum heyrt minnst á pýrit (glópagull), sem er járn/brennisteinssamband og kemur brennisteinninn í upphafi úr kvikunni, en síast svo inni jarðhitavökvann, og þar sem jarðhitavökvinn flæðir um og kólnar fellur hann ásamt járninu að mestu út sem pýrit. Þannig má ætla að þar sem pýrit er grasserandi í berginu hafi einhvern tímann flætt mikið jarðhitavatn.

Vísbending um litla lekt í háhitakerfi, er, eins öfugsnúið og það virðist vera við fyrstu sýn, þegar við sjáum berg þar sem holrými er lítið fyllt af útfellingum. En það er kannski ekki svo skrítið þegar við hugsum okkur hvernig útfellingar verða til, þær verða til við breytingar í ástandi vökvans (hita, þrýsting, efnabreytingar). Þannig ættu menn að eiga von á að, þegar vökvinn flæðir í jarðhitakerfinu frá einum stað í annan að hita-/þrýsti-/efnaástand hans breyttist og hættan á að vökvinn yfirmettist með tilliti til einhverra efnasambanda er miklu meiri en ella, og þar með líkindi til að útfelling verði. En það er ábyggilega óþarfi að vera að minnast á svona hluti við menn sem eru sí og æ að berja útfellingar úr rörum og skiljum í orkuverinu Svartsengi, eða að baða sig í Bláa lóninu. Þess vegna þegar ég sé að blöðurnar í háhitaberginu eru lítið fylltar af útfellingum, finnst mér eðlilegt að setja þá þýðingu í sýnina að þarna er berg, sem kannski er æði heitt, en ekki er þarna nein aðalbraut heita vatnsins, kannski í mesta lagi lítið öngstræti með lítilli vatnsumferð, að öllum líkindum lokað í annan eða báða enda.

Þriðja vísbendingin um vatnslekt er kannski kalsít. Kalsít er kalsíum karbonat (CaCO_3). Þótt töluvert af koldíoxíði (CO_2) sleppi úr jarðhitakerfi í andrúmsloftið (40.000 tonn á ári í Svartsengi), er töluvert er geymt í jarðhitageyminum sem kalsít. Margir telja að koldíoxíðið komi upprunalega að einhverju leyti úr kvikunni, ekki ósvipað og brennisteinninn. Kalsít er talið falla út einkum á tvennan máta: annars vegar við suðu (sbr. kalsíttappa hefur oft þurft að hreinsa út í borholum í Svartsengi þar sem suðan verður í holunum), og hins vegar þar sem vatn er að hitna. Vert er að ihuga orðið að hitna; hvenær er vatn að hitna? Er það ekki einmitt þar sem kaldara vatn er að flæða inn í heitara berg?!!! Það merkir í raun kælingu á heitara bergi, kælingu á jarðhitakerfi!! Í Svartsengi finnst mikið af kalsíti, og minnst af því hefur myndast í suðu, því þær vísbendingar sem við höfum úr öðrum rannsóknnum (vökvabólurannsóknnum) í Svartsengi bendir eindregið til að jarðhitakerfið hefur aldrei á sínum lífsferli neðan c. 800 m náð þeim hita að fara að sjóða. Það getur þá eiginlega ekki þýtt neitt annað en að inn í Svartsengiskerfið sé að flæða vatn sem er að nema hita úr berginu. Það er í takt við áður nefndar vökvabólurannsóknir, þær sýna að jarðhitakerfið var heitara í "árdaga". Menn rekur ef til vill minni til skrifna um kalsít í dagskýrslum í holu 17, og þá kannski einkum í holu 18, sem síðast var boruð í Svartsengi. Þá brá svo við að kalsít fannst nánast ekkert á löngum kafla í holunni neðan 1000 m dýpis, og því fylgdi að lekt á því svæði í holunni var nánast ekkert. Kalsít er því steind sem segir okkur ýmislegt um lekt, ef hún er til staðar í miklu magni merkir það mikla (núverandi eða fyrrverandi) lekt, og ef hún finnst á svæði þar sem sterk suða er ekki til staðar, þá merkir hún innflæði af kaldara vatni.

Og þá er ég kannski loksins kominn að því sem ég ætlaði eiginlega að gera, en það er að segja nokkur orð um ummyndunina í holu 10 á Reykjanesi. Í hita tel ég að epidót og wollastonít segi okkur að bergið sé orðið mjög ásættanlega heitt eða yfir 270°C. En um lektina segja steindirnar einhlýta sögu: Pýrit er í vinnsluhluta holunnar af mjög skornum skammti, sem þýðir lítil lekt. Viða má sjá að porur (blöðrur í berginu) eru aðeins fylltar takmarkað, það þýðir einnig lítil lekt. Síðast en ekki síst er kalsít nánast ekkert a.m.k. frá um 700 m dýpi niður á þessa rúma 1010 m sem greindir hafa verið. Þetta þýðir í mínum huga einnig litla lekt. Vert er að geta þess að ef lítið er á gögnin frá holu 9 hér á Reykjanesi sést greinilega að kalsít hverfur að miklu leyti neðan um 900 m dýpi, en kemur aftur í töluverðu magni..... einmitt þar sem vatnsæðarnar koma í holuna neðan 1200 m dýpis. Svo nú er að halda áfram að fylgjast með þessum steindum, við væntum þess að sjálfsgöðu að þær láti sjá sig á endanum líkt og gerðist í holum 8 og 9 hér í grenndinni, og láti vatnið fylgja með.

Ég vona að menn séu nú einhverju nær um aðstæðurnar í jarðhitakerfinu á Reykjanesi.



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Borgögn RN-10 Reykjanes

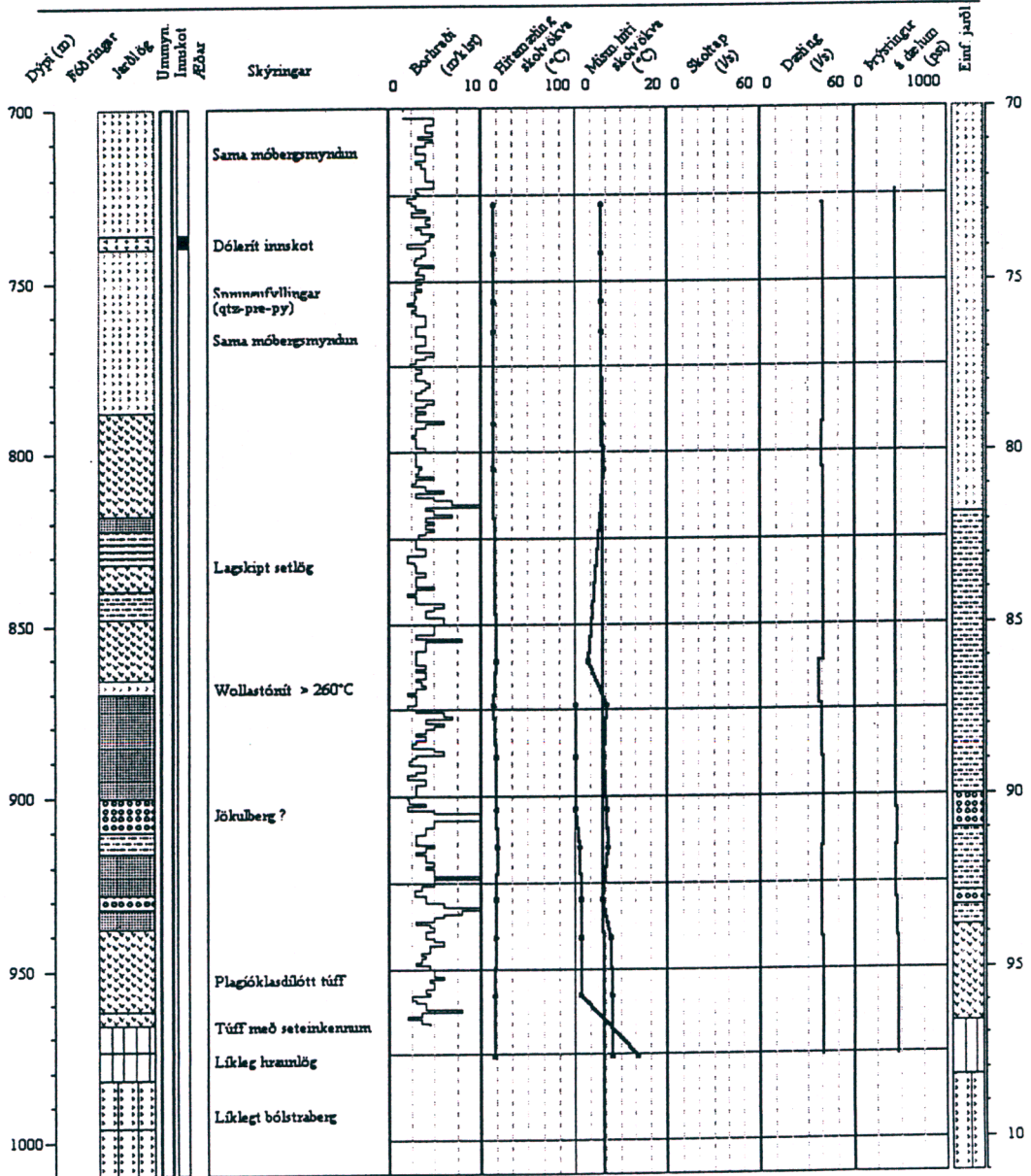
6.2.1999

Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 701-2000

Skolvökvi: Vatn
Yerkhluti: 3. áfangi, 12 1/4° króna

Yerknúmer: default
Starfsmenn: HF-GÓF





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 21

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja *Verktaki:* Jarðboranir hf.
Hola: RN-10 *Bortæki:* Jötunn
Staðarnúmer: 18910 *Jarðfræðingur/mælingamenn:* HF-GÓF/

Holuvidd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

47. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 1065 m
Dýpi kl. 08 : 1092 m
Skoltap kl. 07: 0 L/s

Borun síðasta sólarhring: 84 m

Borverk

Dýpi klukkan 8 í morgun var 1092 m, og hafa borast 84 m síðasta sólarhringinn. Álag er sem áður, rokkar á milli 5-10 tonn. Snúningur krónu um 44 á mínútu, og áreynslumælirinn um 140 amper. Ekkert skoltap ennþá.

Eins og sést á meðfylgjandi töflu hefur enn ein hallatala bætt við og sýnir hún að halli holunnar frá lóðréttu minnkar enn, og er kominn í 1.8°.

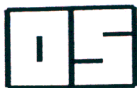
Hallamælingar

Dýpi holu (m)	Mældýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
250	200	0.8		
485	400	1.0		
640	600	3.0		
826	800	2.6		
932	900	2.1		
1040	1000	1.8		

Jarðlög og ummyndun

Jarðlög hafa verið greind niður á 1048 m dýpi. Það sem bætt hefur við frá í gær er það að haldið hefur verið áfram að bora í bólstrabergsmyndun sem byrjaði í um 980 m dýpi.

Ummyndun heldur áfram að vera hitaleg en ekki beint lektarleg, eins og fjallað var fjálglega um í "helgarblaði" gærdagsins. Enn lætur kalsítið bíða eftir sér, en aðeins sést í aðra steind á stangli, sem ber nafnið anhydrit (CaSO_4), og hefur líka náttúru og sú fyrrnefnda, að vera steind sem myndast við flæði vatns inn í jarðhitakerfi. Tilvera hennar þarna í sprungufyllingum gæti bent til að einhverjar sprungur séu þarna á kreiki sem hafi veitt langþráðu vatni inn á við.



BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 22

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfræðingur/mælingamenn: HF-GÓF/

Holuvidd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

48. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 1146 m
Dýpi kl. 08 : 1166 m
Skoltap kl. 07: 3.75 l/s

Borun síðasta sólarhring: 81 m

Borverk

Dýpi klukkan 8 í morgun var 1166 m, og hafa borast 81 m síðasta sólarhringinn.

Eins og sést á meðfylgjandi töflu hefur enn ein hallatala bætt við og sýnir hún að halli holunnar í 1100 m er um 2° frá lóðréttu. Í kjölfar hallamælingarinnar sem tók um 1 klst tók það um 3 mínútur með rúmlega 40 l/s dælingu að koma vatnsborðinu í holunni til yfirborðs, sem bendi til að einhver leki er kominn í holuna. Skoltapsmæling stuttu eftir hallamælinguna gaf til kynna skoltap upp á 2,5 l/s, og næsta skoltapsmæling tekin rúmlega 5 í morgun sýndi tap upp á tæpa 4 l/s. Ekki er ljóst hvar skoltapið er í holunni, en mögulega gæti það tengst annað hvort kalsítinu á 1090 m dýpi, eða jafnvel á 1120 m dýpi þar sem holan fór í gegnum innskot.

Hallamælingar

Dýpi holu (m)	Mældýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
250	200	0.8		
485	400	1.0		
640	600	3.0		
826	800	2.6		
932	900	2.1		
1040	1000	1.8		
1140	1100	2.0		

Jarðlög og ummyndun

Jarðlög hafa verið greind niður á 1148 m dýpi. Eins og meðfylgjandi jarðlagasnið sýnir, þá virðist sem jarðlagastaflinn breytist nokkuð frá um 960 m dýpi frá meira setkenndum jarðlögum yfir í bólstrabergsmyndanir. Í tæpum 1120 m dýpi sker hola þunnt fremur fersklegt basalt innskot.

Ummyndun eykst nokkuð snögglega, eins og sýnt er á jarðlagamyndinni, á um 1055 m dýpi, og sú ummyndun heldur áfram, Háhitasteindirnar epidót og wollastonít eru algengar, og í tæpum 1100 m verður vart við líklegt granat (>280°C). Ekki verður vart við kalsít, nema að vottur þess fannst á tæpum 1090 m dýpi.



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Borgögn RN-10 Reykjanes

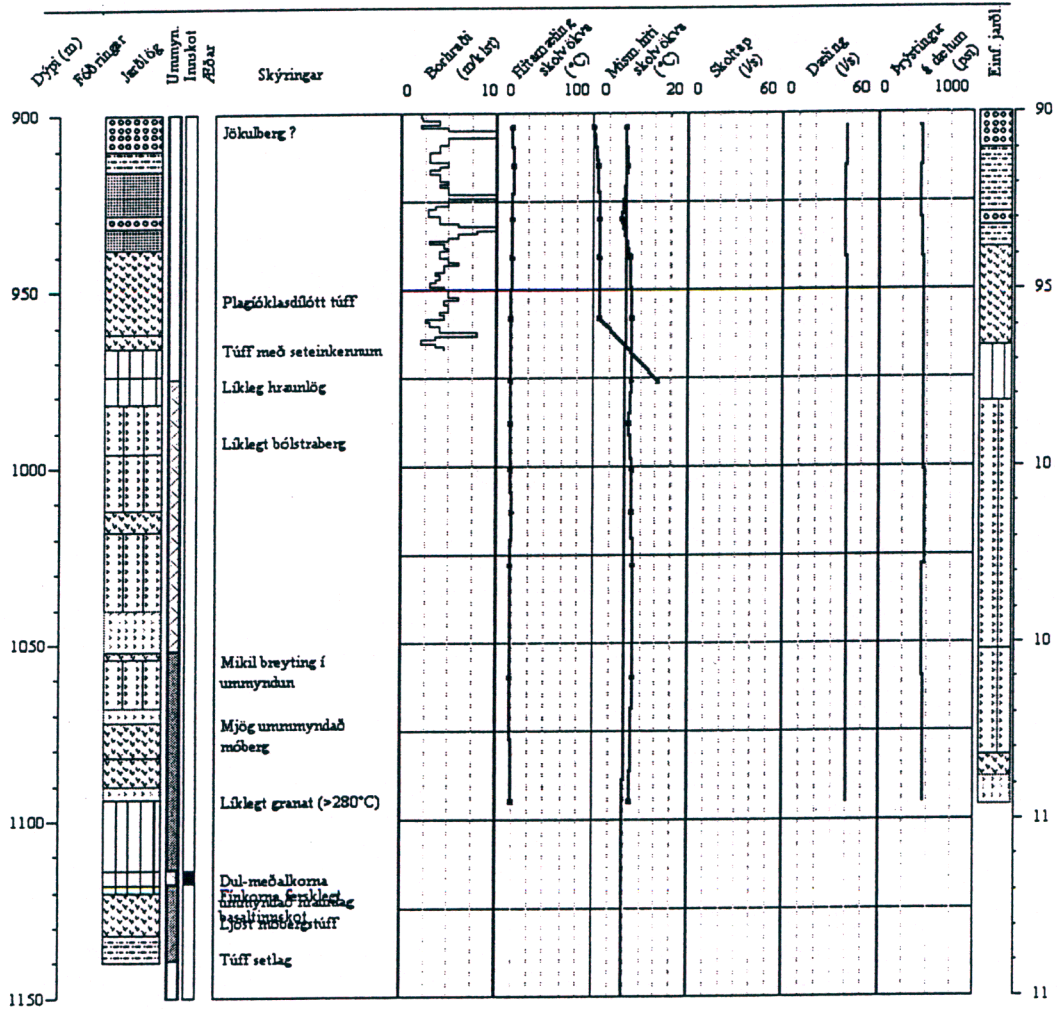
6.2.1999

Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 701-2000

Skolvökvi: Vatn
Yrkhluti: 3. áfangi, 12 1/4" króna

Yrkúmer: default
Starfsmenn: HF-GÓF





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 23

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja Verktaki: Jarðboranir hf.
Hóla: RN-10 Bortæki: Jötunn
Staðarnúmer: 18910 Jarðfræðingur/mælingamenn: HF-GÓF/

Holuviðd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fýðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

49. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 1225 m
Dýpi kl. 07 : 1246 m
Skoltap kl. 07: 2,5 L/s

Borun síðasta sólarhring: 79 m

Borverk

Dýpi klukkan 7 í morgun var 1246 m, og hafa borast 79 m síðasta sólarhringinn. Meðalborhraði er um 3.5 m/klst. Ampermælirinn sýnir um 100, snúningur krónu um 52/mín, og dæluþrýstingur um 600 psi. Sem sagt ljúf borun, en án skoltapsaukningar. Hallamælt var í 1200 m einsog sýnt er á meðfylgjandi töflu og reyndist hann 1.3° frá lóðréttu.

Hallamælingar

Dýpi holu (m)	Mældýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
250	200	0.8		
485	400	1.0		
640	600	3.0		
826	800	2.6		
932	900	2.1		
1040	1000	1.8		
1140	1100	2.0		
1235	1200	1,3		

Jarðlög og ummyndun

Jarðlög hafa verið greind niður á 1210 m dýpi, og eru jarðlögin ásamt mælingum bormanna sýnd á meðfylgjandi mynd. Jarðlögin hafa verið ráðandi móbergstúff, ljósleit og ummynduð. Enn sjáum við opin holrými í berginu, sem líklega bendir til hás poruhluta, en lítillar lektar. Basaltlagið á 1152 til 1164 m dýpi er talið mögulegt innskot, sem sést meðal annars á því að bergið er að hluta mun minna ummyndað en jarðlögin í kring.

Ummyndun er með svipuðu sniði og áður hefur verið lýst. Háhitasteindirnar epidót (>250°C) og wollastonít (>270°C) sjást í nær hverju sýni. Kalsít lætur þó bíða eftir sér.

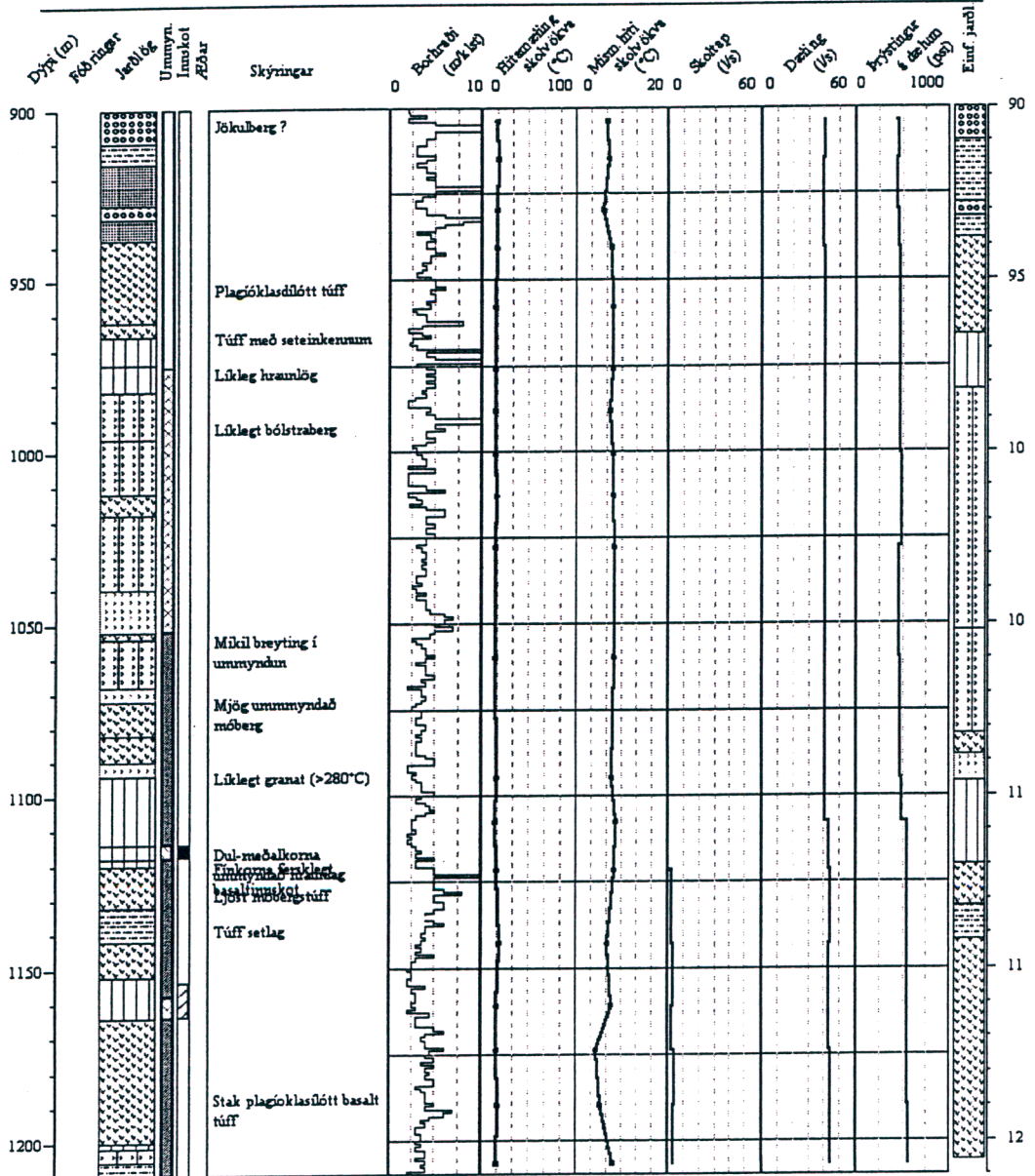


Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 701-7200'

Skolvökví: Vatn
Ferklutí: 3. áfangi

Verkúmer: 18910
Starfsmenn: HF-GÓF





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 25

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja Verktaki: Jarðboranir hf.
Hóla: RN-10 Bortæki: Jötunn
Staðarnúmer: 18910 Jarðfræðingur/mælingamenn: HF-GÓF/

Holuviðd: 12 1/4"
Dýpi síðustu föðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

51. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 1377m
Dýpi kl. 08 : 1406m
Skoltap kl. 5³⁰: 1/s

Borun síðasta sólarhring: 79m

Borverk

Eins og margir hafa uppgötvað varð ritstjóra á að tvítaka verkdaginn og tölublað síðustu dagskýrslu. Dagskýrslan í gær átti að sjálfsögðu að vera númer 24 og verkdagurinn sá fimmtugasti.

Dýpi klukkan 8 í morgun var 1406 m, og hafa borast 79 m síðasta sólarhringinn. Meðalborhraði er um 3.5 m/klst. Ampermælir sýnir um 160, borstrengur snýst um 51 sn/min, og álag er um 5 tonn.

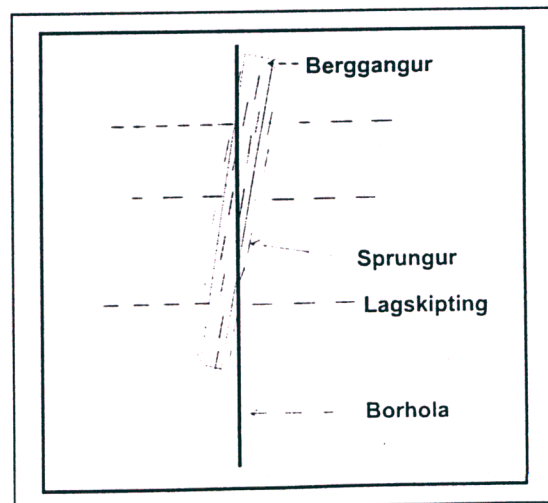
Skoltap jókst um helming á dýptarbilinu frá 1355 í 1367 m dýpis, eða frá 5.3 upp í 10.6 l/s. Reynt verður að leiða getum að jarðfræðilegri ástæðu þessa nýja skoltaps í næsta fréttabréfi.

Hallamælingar

Dýpi holu (m)	Mældýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
250	200	0.8		
485	400	1.0		
640	600	3.0		
826	800	2.6		
932	900	2.1		
1040	1000	1.8		
1140	1100	2.0		
1235	1200	1,3		
1340	1300	1.8		

Jarðlög og ummyndun

Eins og sést á jarðlagasniðinu þá hefur verið borað í gegnum basaltinnskot á 1280-1320 m dýpi. Án þess að fara í langar skýringar eru mikil líkindi til að þetta innskot sé berggangur, þ.e. nær lóðrétt innskot. Það sem er sérkennilegt við það er að innan þess og tengt því eru mjög rauðoxaðar sprungufyllingar, bæði innan þess og við jaðrana. Jafnvel örlar á þessari oxun allt upp undir 1250 m og niður undir 1340 m. Einföld skýringarmynd hér til hliðar skýrir afstöðuna vonandi. Sprungufyllingarnar og berggangurinn eru skyldar. Á staka stað má sjá afstöðuna aldursmun á milli útfellinganna og oxunarinnar þar sem sú síðarnefnda





er yngri. Sprungufyllingarnar merkja núverandi eða fyrrverandi vatnslekt.

Annað athyglisvert lag er ákaflega gropið túfflag, sem lítur út eins og svampur á 1320-1340 m dýpi. Ef við lítum á innskotið annars vegar og svo þar sem skoltöpin koma inn í holuna, læðist að manni grunur að lekinn geti verið tengdur þessum rauðsprunga gangi og jaðri hans.

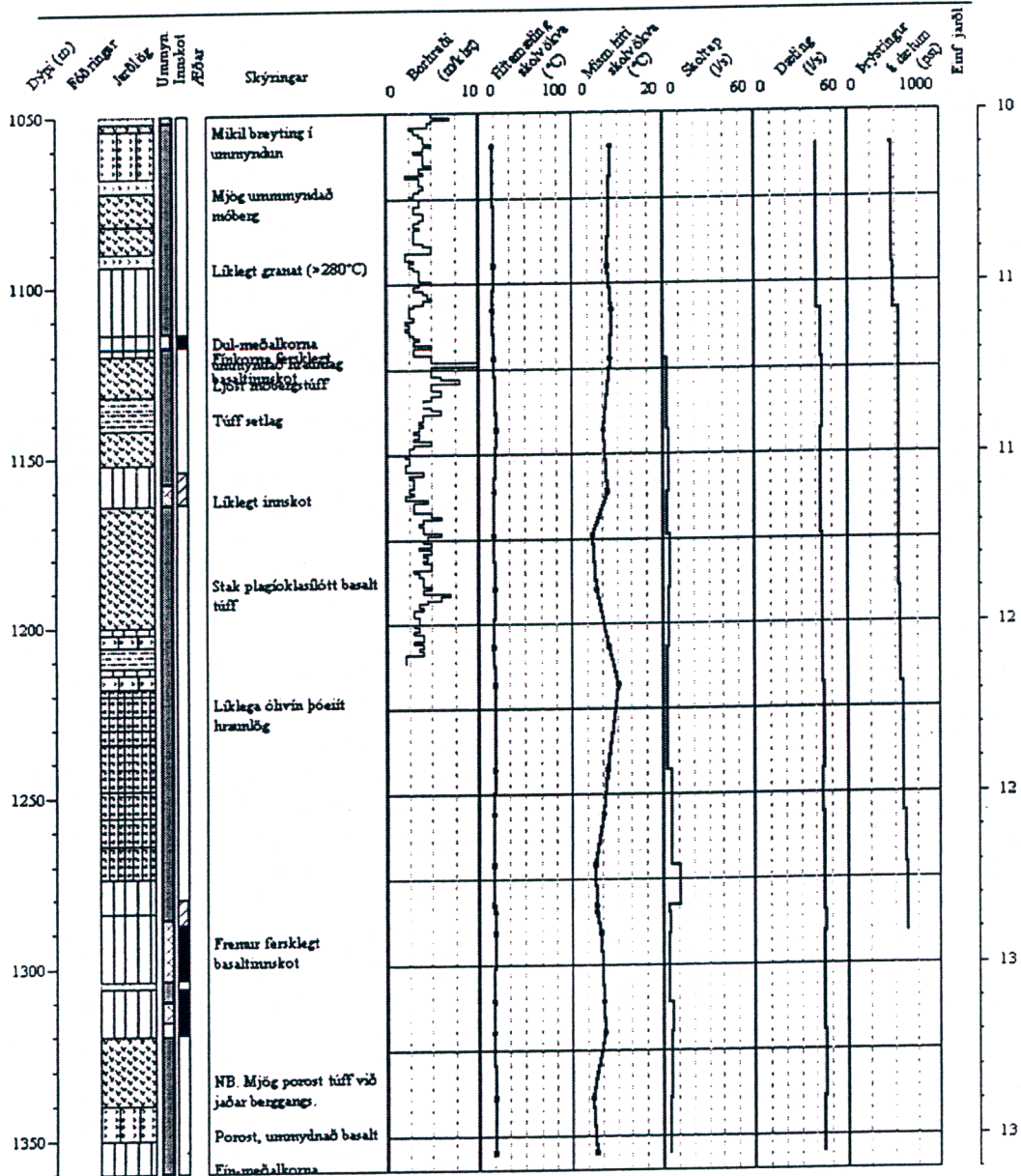


Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 701-2000

Skolvökvi: Vatn
Verkluh: 3. áfengi

Verknúmer: 18910
Starfsmenn: HF-GÓF



**BORVAKT Á REYKJANESI,**
RN-10 DAGSKÝRSLA # 26

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hóla: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfræðingur/mælingamenn: HF-GÓF/

Holuvidd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

52. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 1463 m
Dýpi kl. 08 : 1488 m
Skoltap kl. 5³⁰: 8.55 l/s

Borun síðasta sólarhring: 86 m**Borverk**

Dýpi holu í morgun klukkan 8 var 1463 m, og höfðu borazt einir 86 m síðasta sólarhring. Hætt var við hallamælingu í 1440 m vegna óvenju mikils botnfalls. Ákveðið að hallamæla ef mögulegt í 1540 m. Í kjölfarið var dæling aukin í um 50 l/s í því skyni að koma svarfinu betur úr holunni.

Skoltap hefur verið nokkuð breytilegt eins og sést á meðfylgjandi jarðlagasniði. Nú í morgun var skoltap mælt 8.55 l/s. Skoltapsaukning í tæpa 9 l/s sem mæld var í 1454 m var gerð beint í kjölfar stangaribætingu, og var því talin vera í bjartsýnni kantinum, þótt jarðlagagreiningin bendi til að ákveðin aukning verði í ummyndun frá 1450-1460 m dýpi, Seinni mælingar virðast sýna sömu aukningu.

Hallamælingar

Dýpi holu (m)	Mældidýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
250	200	0.8		
485	400	1.0		
640	600	3.0		
826	800	2.6		
932	900	2.1		
1040	1000	1.8		
1140	1100	2.0		
1235	1200	1.3		
1340	1300	1.8		

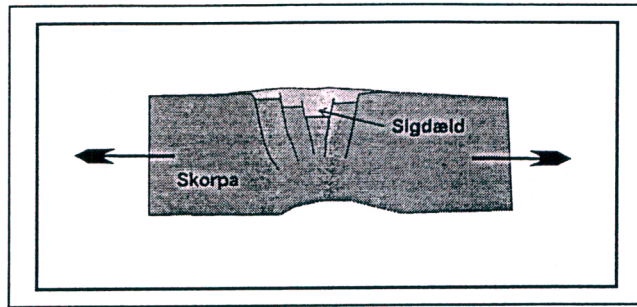
Jarðlög og ummyndun

Jarðlög hafa verið greind niður á 1460 m dýpi. Í um 1410 m dýpi borast niður úr basalti í túff. Túffið er óvenju útfellingaríkt, miðað við það sem finnst fyrir ofan. Þar ber mikið á hvítleitum holufyllingum sem ég á í erfiðleikum að greina, en gæti verið anhydrit. Síðan eru þessar venjubundnu útfellingar epidót, wollastonít, kvars og svo vottar fyrir pýriti, en er hvergi þó mikið.

Vangaveltur

Mig langar eilítið að ræða um yfirbragð jarðlagastaflans eins og hann kemur mér fyrir sjónir í holunni, og hvað hann gæti sagt okkur um liðna hegðun Miðatlantshafshryggsins á þessum stað þar sem hann er að skriða á land.

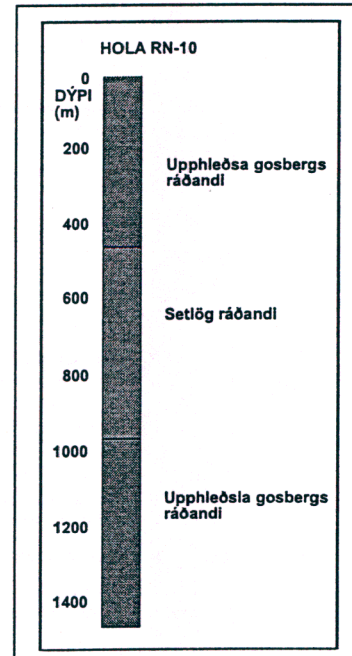
En áður en ég skýri jarðlagastaflann í holunni langar mig að skýra fáein atriði í landrekskenningunni. Á mynd 1 er sýnt einfalt þversnið af jarðskorpu sem er að gliðna. Við gliðnunina myndast sigdæld. Ef gliðnuninni fylgir mikil eldvirkni fyllist sigdældin jafnóðum af gosefnum, svo menn verða ekki mikið varir við sigdældina. Ef aftur á móti eldvirkni er takmörkuð nær sigdældin ekki að fyllast jafnóðum af gosefnum og siglæðin verður vel sýnileg. Eitt bezta dæmi um það síðarnefnda er sigdældin við Þingvelli. Vegna þess að hraunlagupphleðslan er þar takmörkuð, sést sigdældin mjög vel, og þegar botn hennar sígur niður fyrir grunnvatnsborð, Þingó.... við fáum stöðuvatn. Ef við höfum mikla upphleðslu, fáum við fjallendi, eins og Hengillinn er gott dæmi um, og þar er erfiðara að sjá sigdældina.



En lítum okkur nú nær og ofan í holuna á Reykjanesi. Mér finnst að skipta megi jarðlagastaflanum í henni í þrjá aðalhluta (sbr. mynd)

- Jarðlagastaflinn niður á um 450 m einkennist af goseiningum, aðallega úr gjóskugosum sem líklega hafa orðið á grunnsævi (svipuð og Surtseyjargos), en efstu c. 100 m eru hraunlög sem runnið hafa á yfirborði.
- Jarðlagastaflinn á milli 450 m og 940 m einkennast mest af ýmis konar setlögum, mörg hver ættuð úr gjósku. Í þessum setlögum hefur Guðmundur Ómar fundið töluvert af skeljaleifum.
- Jarðlagastaflinn frá um 950 m og niður á um 1460 m dýpi, þangað sem borinn var kominn á miðnætti, er nær eingöngu úr gosbergi, með nær engum setlögum. Þótt flest þessara laga séu túff eða bólstrabeg, getur hluti þeirra verið hraunlög.

Ef við berum þessa skiptingu saman við sigdældarmyndina fyrir ofan, gefur það mjög ákveðna vísbendingu um upphleðslu jarðlagastaflans. Neðsti hlutinn lýsir hraðri upphleðslu gosefna, setlagabunkinn lýsir hægri upphleðslu, líklegar myndunar sigdældar þar sem í hrúgast setlög. Efsti hlutinn er svo aukinn upphleðsluhraði, svo hraðri að nú er þessi hluti Reykjanes á þurru landi.



En hvað kemur þetta háhitakerfinu á Reykjanesi við? Jú, háhitakerfi, flest alla veganna, tengjast landsvæðum þar sem mikil gosvirkni á sér stað. Mikil gosvirkni merkir mikið innstreymi kviku inn í skorpunu, sem aftur leiðir af sér mikla aukningu þar í varma. Síðan þrengir vatnið sér niður í heita bergið nemur varmann í burtu og kemur því í átt að yfirborði. Ef við nú lítum á jarðlagastaflann í þessu ljósi, sjáum við að ólíklegt er að háhitakerfið hafi verið til á þeim tíma sem upphleðslan var í lágmarki (á tíma setlaganna). Öllu líklegra er að það hafi orðið til í kjölfar setlagatímabilsins, þegar gosvirknin jókst aftur. Ef við tökum það sem gott og gilt getum við íað að því að aldur háhitakerfisins sé líklega lægri en jarðlögin á 450 m dýpi. Og hver er aldurinn þar? Nú er ég líklegast kominn á hálan ís, en..... fyrst ég er kominn á skrið er erfitt að stoppa sig á svo hálu og bezt að láta gossa. Líkur eru á að jarðlagastaflinn á Nesjavöllum og jafnvel í Svartsengi á 4-500 m dýpi sé kannski um 200 þúsund ára. Ef upphleðluhraðinn er svipaður á Reykjanesi á þessum tíma, gætum við verið á svipuðu róli. Og fyrst ég er orðinn svona léttlyndur, hvernig líst ykkur á að hafa mestan aldur háhitakerfisins á Reykjanesi minna en 200 þúsund ár? Ég held að ég ætti nú að láta staðar numið í þessum þælingum. Ég myndi þó vilja árétta að samspil ólíkra gagna getur gefið upplýsingar um innra eðli jarðhitakerfa, og er Reykjanes þar engin undantekning.

En mikið væri nú gaman að fara að sjá svolítið almennilegt skoltap í þessum hluta háhitasvæðisins á Reykjanesi.

Hjalte

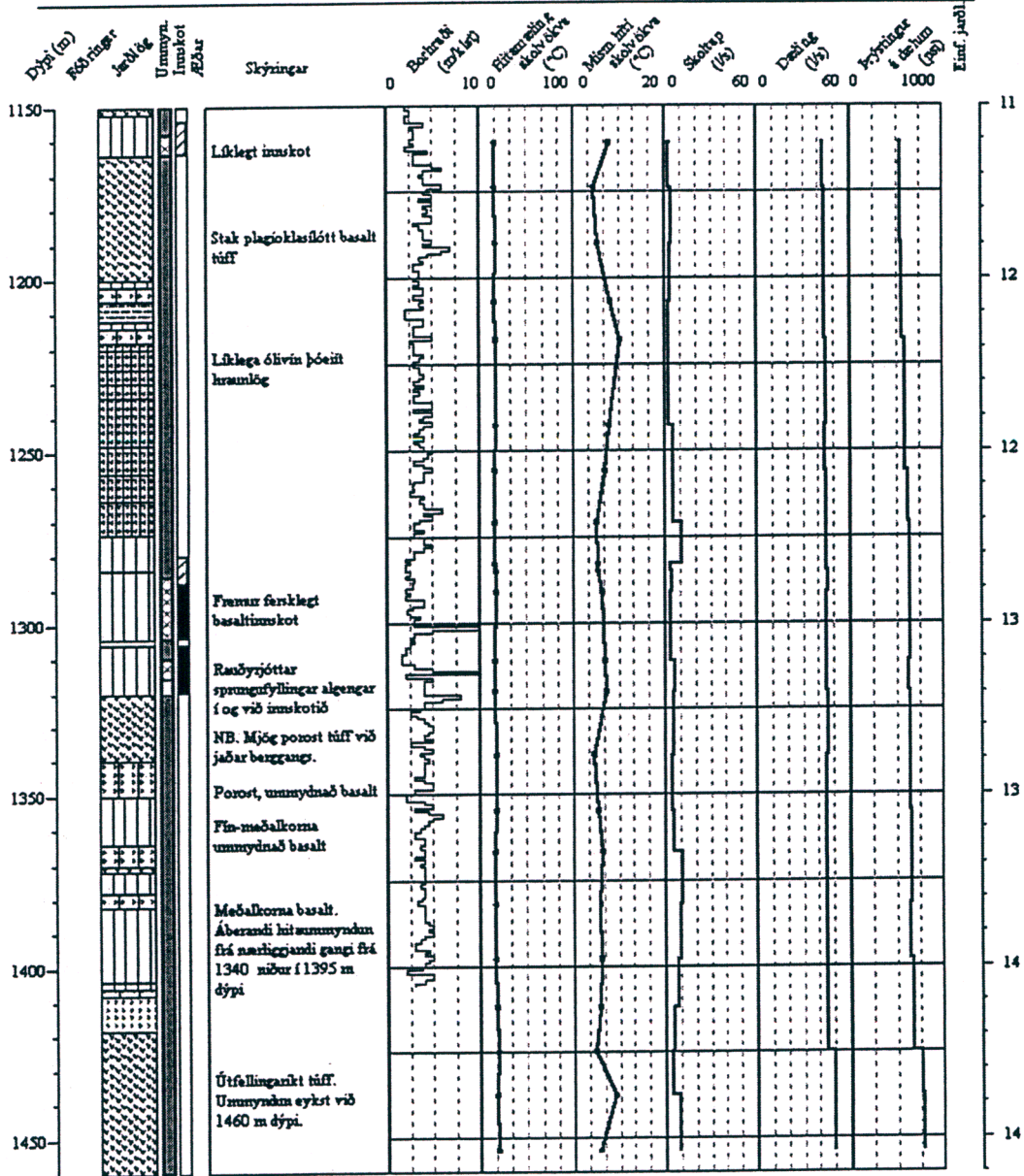


Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jótunn
Dýptarbil: 701-2000

Skolvökvi: Vatn
Yerkhiuti: 3. áfangi

Verknúmer: 18910
Starfsmenn: HF-GÓF





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 27

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfræðingur/mælingamenn: GÓF-HF/

Holuvidd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

53. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 1545m
Dýpi kl. 07 : 1569 m
Skoltap kl. 9³⁰: 15 l/s

Borun síðasta sólarhring: 82 m

Borverk

Borun gengur vel sem fyrr. Í morgun varð vart við algjört skoltap í 1566-156, en vatn kom fljótlega upp aftur. Í næstu skoltapsmælingu á eftir hafð tap aukist úr 10 l/s í 15 l/s. Í dag stendur til að setja dælingu í gang við holuna hjá fiskþurkuninni. Nú er vatnsmagn að bornum um 25 l/s en ætti að aukast upp í 40-50 l/s.. Vænta menn að nú fari að draga til tíðinda í skoltapsmálum og ætla sér að vera tilbúnir í slaginn.

Hallamælingar

Eins og hér gefur að líta hefur verið loksins fyllt út í síðustu tvo dálka hallamælingatöflunnar, og gerði það Sigvaldi Thordason og sendi okkur hingað. Hún sýnir að holan hliðrar sér lárétt í tæpa 40 m þegar komið er niður í 1300 m dýpi. Holan telst þó vera nær lóðrétt hola. Í gær var halli mældur í 1500 m, 1.3°.

Dýpi holu (m)	Mældýpi (m)	Halli (°)	Fráv. frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
250	200	0.8	1.40	199.99
485	400	1.0	4.54	399.97
640	600	3.0	11.52	599.81
826	800	2.6	21.29	799.57
932	900	2.1	25.39	899.49
1040	1000	1.8	28.79	999.43
1140	1100	2.0	32.10	1099.37
1235	1200	1.3	34.98	1199.33
1340	1300	1.8	37.69	1299.29
1530	1500	1.3		

Jarðlög og ummyndun

Borað er í svipuð móbergslög og ofar. Talsvert er af bólstrabergi og allnokkuð af epidót-kvars æðum. Aktinólít og granat virðast komnar inn og öll sólarmerki benda til berghita um og yfir 300°C. Skoðun er ekki lokið svo meira um ummyndun á morgun.

**BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 28**

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hóla: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfræðingur/mælingamenn: GÓF-HF/

Holuviðd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

54. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 1621 m
Dýpi kl. 07 : 1644 m
Skoltap kl. 7:45: 12 l/s

Borun síðasta sólarhring: 76 m

Borverk

Síðasta sólarhring boraðist vel að vanda. Skoltap minnkaði heldur úr 15 l/s í 13 l/s í síðari mælingum í gær. Í gærkvöldi mældist skoltap (mælt á dælum) um 17 l/s, minnkaði síðan í nótt að mati bormanna og mældist tæpir 12 l/s rétt fyrir 8 í morgun. Tiltækt skolvatnsmagn er milli 50-60 l/s. Á miðnætti hafði borkrónan snúist í 254,5 klst og er því komið að borkrónuskiptum, sem taka þarf ákvörðun um í birtingu. Reiknað er með a.m.k. 1/2 sólarhrings töf á borun komi til krónuskipta. Hitamæla þarf holuna fyrir eða eða eftir upptekt til að flýta fyrir niðursetningu á nýrri krónu.

Jarðlög og ummyndun

Borað var í móbergsbreksiur í gær, mismunandi basaltríkar. Nær ógjörningur er að sannfæra sig um að basaltvarfkornin séu úr hraunlögum, þó hugsanlegt sé að hluti þeirra sé úr þunnum hraunlögum. Hin basaltkornin virðast vera úr brotabergi eða bólstrum innan um lagskipt settúff.

Skoltapsæðin sem fram kom í gær á 1568 m virðist vera á lagmótum bólstrabergsmyndunnar og setlags. Svarf er um 1 klst að skolast upp svo jarðlagamótin eru nokkrum metrum neðar á óleiðréttu jarðlagasniðinu sem fylgir. Talsvert mikið er af smáæðum (sprungufyllingum) í setlaginu, og eru þær ýmist fylltar hreinu epidóti, eða ásamt með kvasi, og/eða wollastóníti, og/eða pyríti. Svipað magn smáprungufyllinga (eins konar sprungunet) finnst víðar í holunni, bæði ofan og neðan umrædds dýpis. Spurning er hvort smáprungunetinu gefi vatn inn í holuna síðar, en sprungunetinu taka nær örugglega við einhverju vatni miðað við hálfopna ásynd. Því er líklegt að örvunaraðgerðir með langtímadælingu bæru árangur ef grípa þarf til örvunaraðgerða. Í gær var ymprað á aktinólíti og granati, og hita um 300°C. Aðeins vottar fyrir því fyrirnefnda öðru hvoru en óvissara er með granat ennþá. Berghitinn er hins vegar ætlaður nærri 300°C, og er epidót sú ummyndunarsteind sem helst virðist vera í jafnvægi við jarðhitavökvann. Kvars, pyrit og wollastónít koma fyrir í sumum sprungufyllingum með epidóti eins og fyrr er getið, auk fleiri ónefndra steinda. Hins vegar sést ekkert af kalsíti, hugsanlega vegna of hás hita.

Til hliðar við jarðlagasniðið á meðfylgjandi mynd er sýnd ummyndunarsúla. Þar er gefið til kynna hvort magn ummyndunar sé mikið, í meðallagi eða lítið sem ekkert. Matið er ónákvæmt en gefur grófa hugmynd um samsetningu bergsins, því þétt basalt virðist yfirleitt minna ummyndað en grofnara basalt og móbergsgler af einhverju tagi eða setberg. Jarðhitavökvinn sem hefur leikið um bergið er þó hinn sami svo ummyndunarsúlan gefur engan eðlismun á aðalatriðinu (jarðhitavökvanum) til kynna. Stundum getur þó verið gagnlegt að nýta sér mismikið magn ummyndunar við túlkun á ástandi háhitakerfis. Þannig sést stundum grasserandi ummyndun í öllu bergi nálægt ráðandi vatnsæðum (t.d. næst vel lekum sprungum), og eins getur ferskleiki mismunandi innskota hjálpað til við að aldursræða innskotunum. Yngstu (og þá oft ferskustu) innskotin hafa mest að segja um vatnsgengd í jarðhitakerfinu sem við ætlum að nýta. Trúlega væri því gagnlegra að sýna ummyndunarsúlu sem gæfi til kynna hvort eitthvað ákveðið jarðlagabil væri óvenju mikið ummyndað, eða óvenju fersklegt, en það er önnur saga. Læt þessa nægja til að hressa ykkur við eftir (trúlega) stórkostlega árshátíð í gærkvöldi í nýju og glæsilegu húsi í Svartsengi. Til hamingju með húsið !

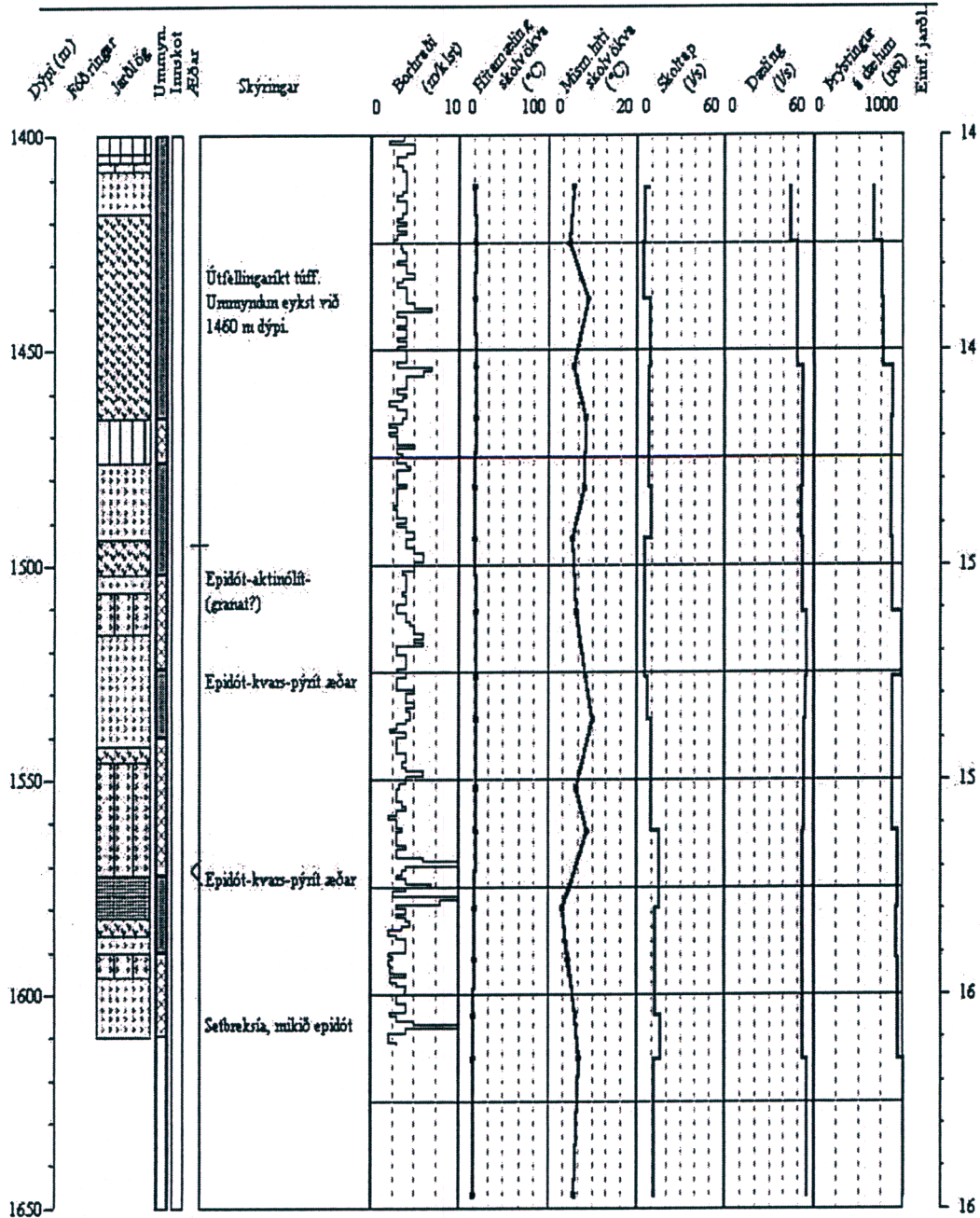


Staður: Reykjanes
Höfnun: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 701-2000

Skolvökvi: Vatn
Verkhlufti: 3. áfangi

Verksúmer: 18910
Starfsmenn: GÓF-HF





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 29

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja *Verktaki:* Jarðboranir hf.
Hola: RN-10 *Bortæki:* Jötunn
Staðarnúmer: 18910 *Jarðfræðingur/mælingamein:* GÓF-HF/KB-SÞG

Holuvídd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fýðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

55. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 1658 m
Dýpi kl. 07 : 1680 m
Skoltap kl. 6:45: 12 l/s

Borun síðasta sólarhring: 37 m

Borverk

Borað var til 10:45 í gærmorgun og síðan skolað í tæpa 1 1/2 klst fyrir upptekt og krónuskipti. Skoltap var mælt á dælu áður enn upptekt hófst og hafði aukist úr 12 l/s um morguninn upp í tæpa 22 l/s. Borkrónan var komin upp kl 17. Þá tók hola við um 32 l/s. Þá létu Jarðboranir hf. hitamæla holuna. Skv. hitamælingunni er óhætt að fara niður í 1625 metra dýpi í holunni áður en kæla þarf bergið á undan borkrónunni. Þrátt fyrir hvassviðri náðist að setja niður án verulegra tafa vegna veðurs (um 1 tími nærri miðnætti). Borun hófst síðan aftur kl 01 í nótt. Skoltap var þá 35 l/s. Í morgun kl 6:45 mældist skoltap hins vegar tæpir 12 l/s, og dýpi kl. 7 orðið 1680 m. Um 8 leytið virtist flókt á vatnsmagninu sem upp kom í kassann og verður fylgst grannt með.

Dælt er um 55 l/s, 1150 psi á standpipe, 7-10 tn álag, 45 sn/mín á krónu, 120 amp., mismunahiti á skolvatni um 6°, rétt um 15°C upp.

Jarðlög og ummyndun

Borað var niður úr móbergi á 1610 m dýpi og niður í hraunlagastafla. Hann er úr meðalkorna gropnum hraunlögum hressilega ummynduðum. Tvö áberandi ummynduð og ljósleit túffset sjást ofan til í þessari syrpu og koma þau skýrt fram í borhraðalínuritinu litlu ofan við greind setlög (taftími setkorna upp hola er um 1 klst). Ummyndun er svipuð og ofar og óþarft að fjölyrða þar um. Í gær var rætt um sprungunet og allt að því sjáanlega lekar smásprungur. Í hitamælingunni sem gerð var í gær vegna borkrónuskiptanna, má sjá hvar lekastaðir eru í holunni með því að nýta sér mismunahita sem reiknaður er sjálfvirk yfir hvert 1/2 m bil þegar hitamælinum er rennt niður. Lekastaðirnir eru stjörnumerktir hægra megin við jarðlagasúluna, og virðist ekki fara milli mála að bergið tekur við lítilsháttar skolvatni á umræddum stöðum og skilar því aftur.

Hitamæling

Mælingamein voru mættir á borstað kl 17, og renndu niður hitamæli um kl. 17:22. Mælingin er sýnd á meðfylgjandi hitamynd. Þar sést að hola kælist sig niður í 1625 m dýpi, en nokkrar æðar koma fram frá um 1350 m dýpi. Með því að nýta sér útreiknaðan mismunahita yfir 1/2 m dýptarbil má staðsetja æðarnar, og er mismunahiti sýndur á neðri hitamyndinni frá 1250 m dýpi niður í botn holunnar. Sú fyrsta (1) er á 1350 m, (2) er í 1380 m, síðan (3) í nokkrum smáæðum frá 1405-1460 m, (4) í 1510 m dýpi, þá (5) aðalæðin á 1575 m dýpi, og loks (6) vatnsæð á 1630 m dýpi. Neðstu æðarnar taka sjálfsgagt við megninu af þeim 32 l/s sem hola tók við fyrir hitamælingu.

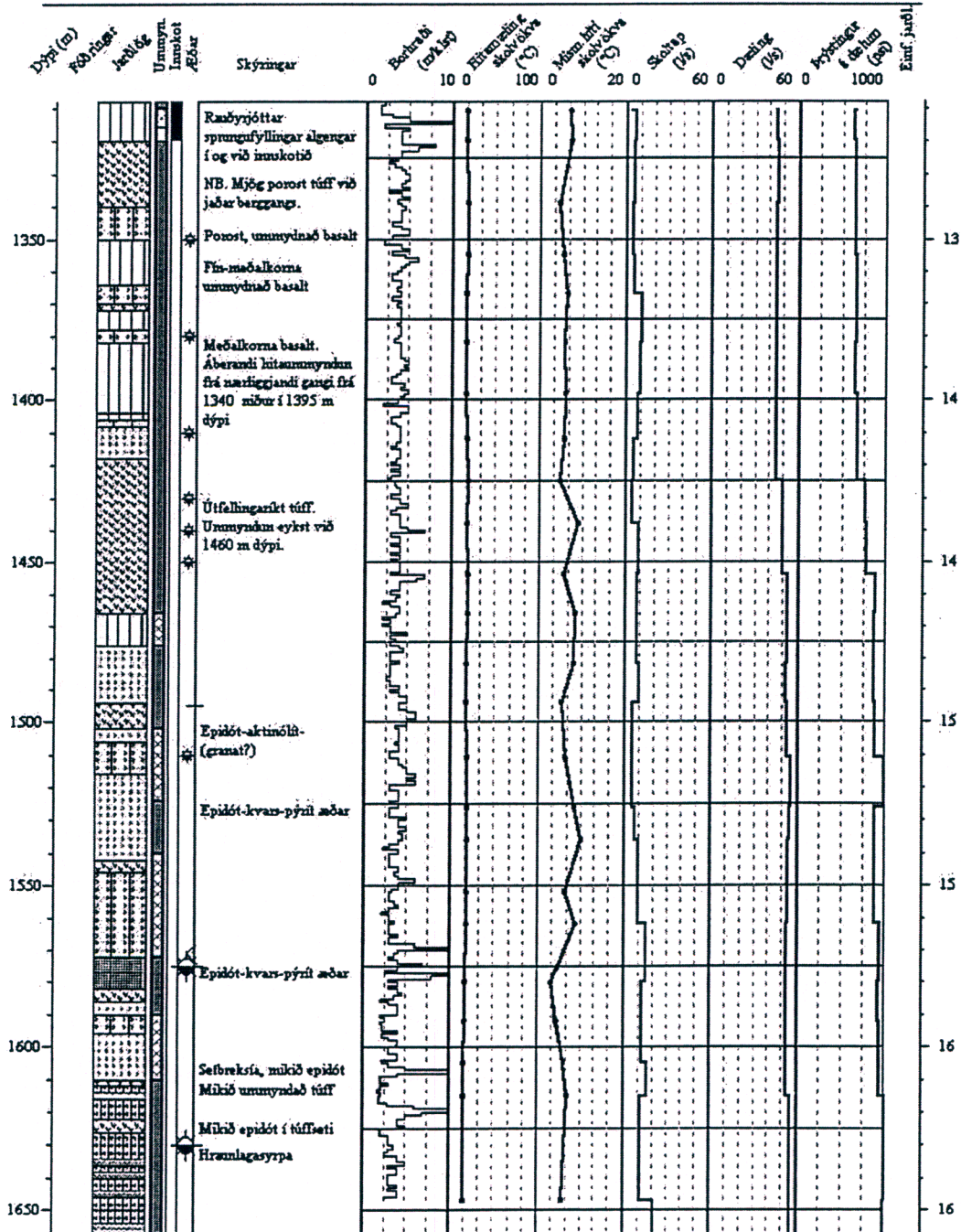


Staður: Reykjanes
Holungr: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 701-2000

Skolvökví: Vatn
Virkhluti: 3. áfangi

Verknúmer: 18910
Starfsmenn: GÓF-HF



Mynd 1. Óleiðrétt jarðlagasnið. Skoltapsstaðir eru merktir inn skv. hitamælingu sem gerð var vegna borkrónuskipta. Mest tapast út í æðum á 1575 m dýpi og 1630 skv. mælingunni (sjá myndir 2 og 3)



BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 30

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja
Hola: RN-10
Staðarnúmer: 18910

Verktaki: Jarðboranir hf.
Bortæki: Jötunn
Jarðfræðingur/mælingamenn: GÓF/

Holuvídd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

56. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 1739 m
Dýpi kl. 07 : 1755 m
Skoltap kl. 5:45: 19 l/s

Borun síðasta sólarhring: 81m

Borverk

Borun gekk vel allan daginn í gær. Skoltap rokkaði milli 12 og 23 l/s. Í nótt var skoltap 13-14 l/s og tæpir 20 l/s í morgun. Stóra æðin lætur því bíða eftir sér.

Jarðlög og ummyndun

Borað var í hraunlagastafla í allan gærdag. Hraunin eru öll svipuð hvort öðru - meðalkorna ólívín þóleiit og gætu verið úr einni og sömu dyngjunni. Blöðróttara og aðeins gjallakenndara basalt skilur hraunin að, en mörkin eru oftast óglögg. Basaltið er mikið ummyndað, þó heilmikið sé eftir af frumsteindum. Blöðrur eru oftast fylltar, en þó ekki alltaf, og talsvert er af hálfopnum smásprungum, og epidót enn aðalsteindin. Í sjálfu sér er bergið ágætis jarðhitageymir hvað sem lektinni líður. Ummyndunarhiti er svipaður, um 300°C. Jarðlagamynd fylgir.

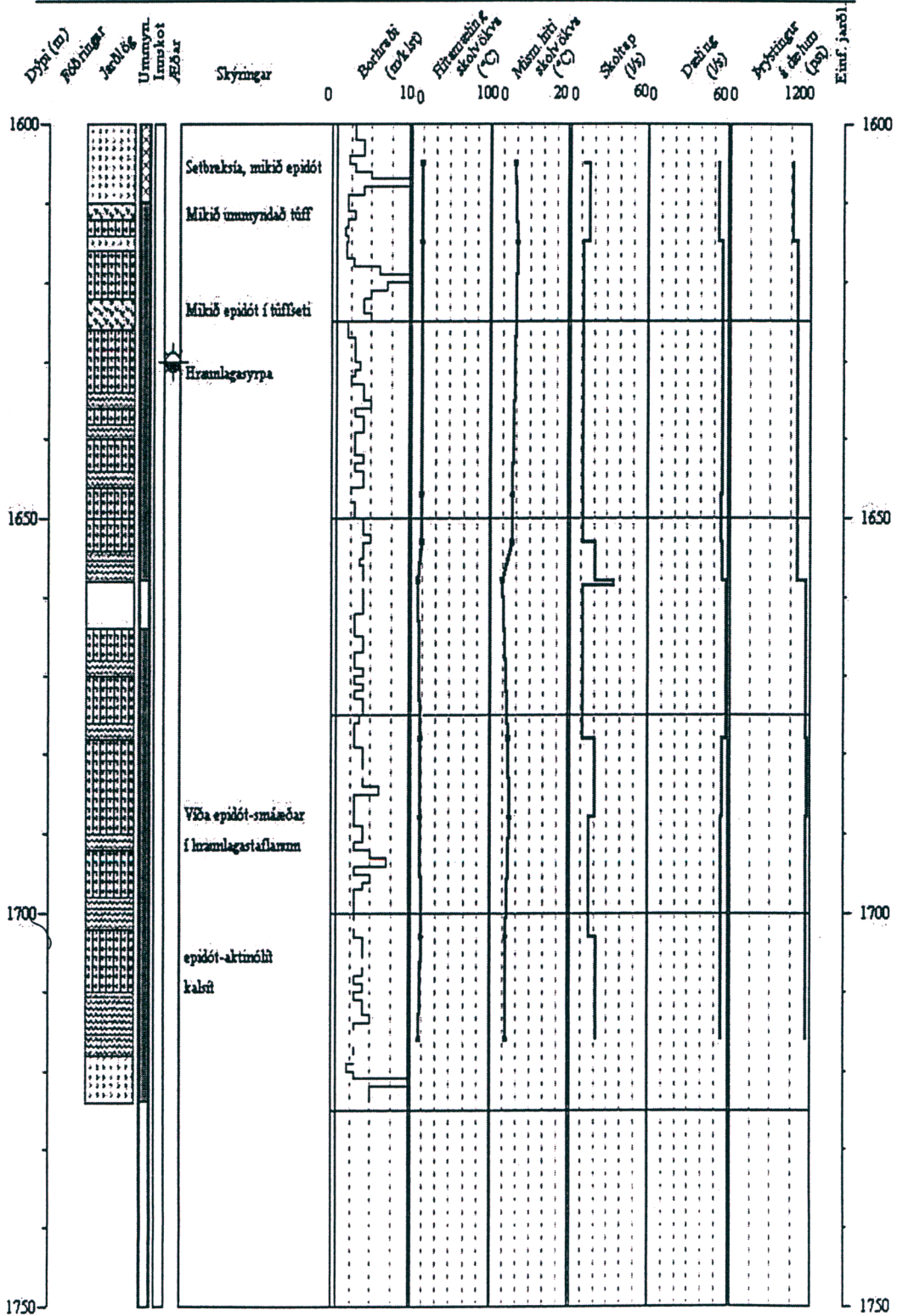


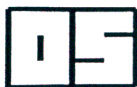
Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbíl: 701-2000

Skolvökvi: Vatn
Verkhlufti: 3. áfangi

Verknúmer: 18910
Starfsmenn: GÓF





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 31

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja *Verktaki:* Jarðboranir hf.
Hola: RN-10 *Bortæki:* Jötunn
Staðarnúmer: 18910 *Jarðfræðingur/mælingamenn:* GÓF/

Holuvidd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóduringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

57. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 1793 m
Dýpi kl. 07 : 1810m
Skoltap kl. 5:50: 15,4 l/s

Borun síðasta sólarhring: 54 m

Borverk

Borun gekk vel allan daginn í gær, en berg er harðara undir tönn. Skoltap rokkaði milli 10 og 20 l/s. Í nótt var skoltap 13 -18 l/s, rúmir 15 l/s í morgun.

Álag í nótt var heldur meira enn undanfarna daga eða 12-15 tn. Snúningur krónu og annað óbreytt frá fyrri dögum. Er líða tekur á morguninn verður ákveðið hvort gert verði hlé á borun til hallamælinga í 1800 m síðar í dag, og taka þá hitamælingu í leiðinni og jafnvel stutta þrepaprófun. Teljari við mælivír borsins er bilaður svo nota þarf mælingabíl til að hallamæla. Út af einstreymisloka í borstreng þarf a.m.k. 1830 m dýpi að vera náð til að hallamæla í 1800. Meðalborhraði síðustu 7 tíma er 2.4 m/klst. Miðað við sama meðalborhraða áfram verður 1830 m ekki náð fyrr enn um kaffileytið í dag.

Jarðlög og ummyndun

Borað var í hraunlagastafla í allan gærðag. Breyting varð hins vegar í samsetningu hraunanna á 1740 m dýpi þegar borað var niður úr ólivín þóleiit hraunum í þóleiit hraun. Þunn setlög eru milli hrauna sumstaðar (sjá jarðlagamynd). Þóleiit hraunin innihalda heldur meira af SiO₂, eða kísilsýru eins og oft er sagt og eru því sögð heldur súrari. Harka bergs vex með auknu kísilinnihaldi. Þóleiitið er þannig harðara og oft þéttara í sér en basiskari hraunin. Sjáanleg ummyndun minnkar í samræmi við það. Við erum hins vegar farnir að vonast eftir að sjá öllu stærri breytingar í berggerð, svo sem fersklegum berggangi eða öðru leku innskoti, svo ekki sé nú talað um hressilega opið misgengi eða sprungu. Það fylgir að sjálfsögðu berggangur hverju einasta hraunlagi og gosmyndun sem ofar er í holunni, og í rauninni er nokkuð merkilegt að við skulum ekki vera farnir að skera fleiri bergganga en orðið er. Líkurnar fyrir því að við skerum innskot fer að vaxa í veldisfalli úr þessu, svo til mikils er að vinna að bora dýpra ef jaðar næsta innskots reynist hríplekur. Í þessu sambandi má minna á að auðveldara er að skera nær lóðrétt misgengi og sprungur með því að bora á ská, eftir að góðu fóduringardýpi er náð. Þann kost má skoða síðar ef þessi hola stendur ekki undir væntingum eftir nokkrar nætur, því ekki er öll nótt úti enn.

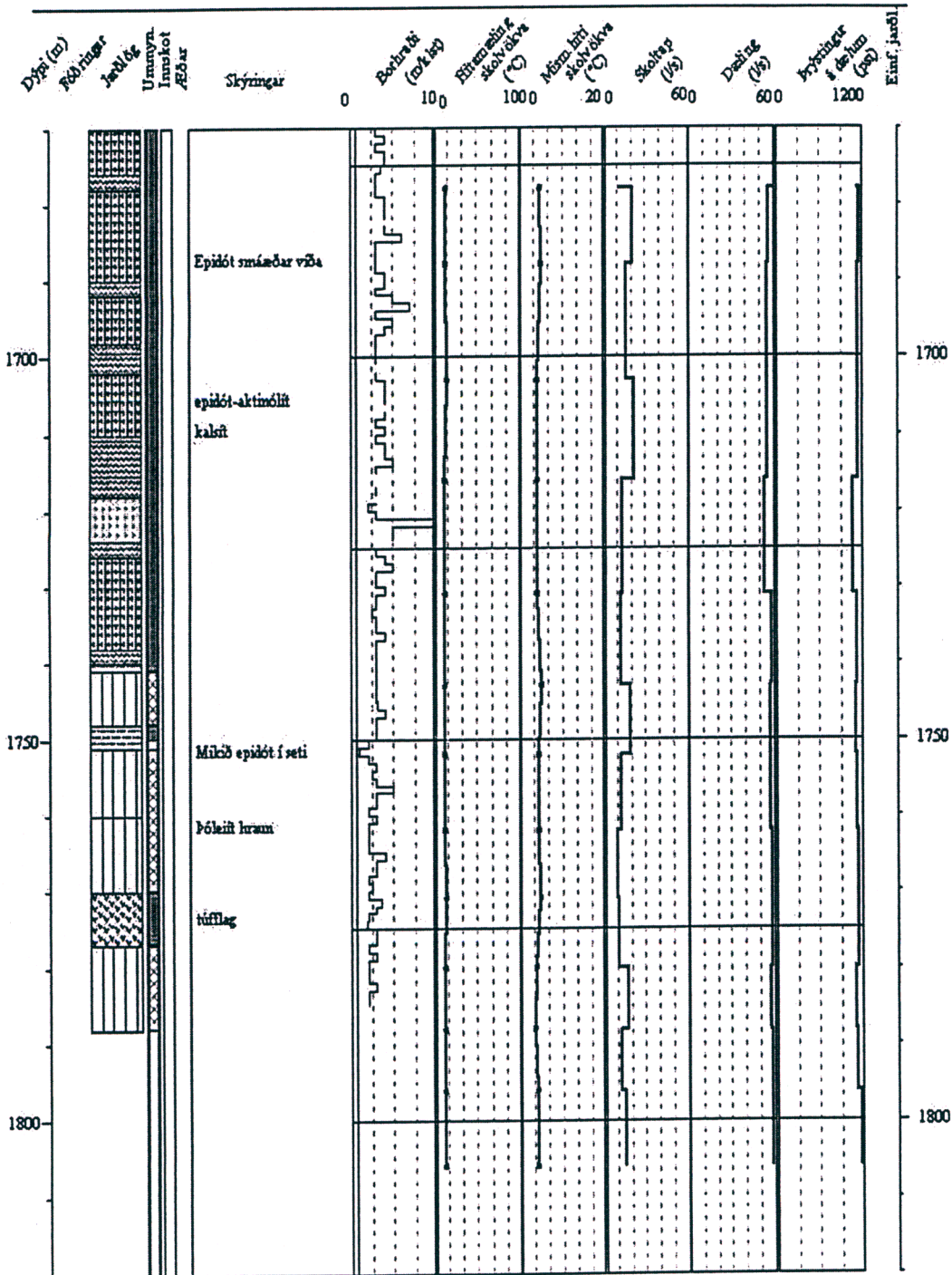


Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 701-2000

Skolvökvi: Vatn
Verkhlufti: 3. áfangi

Verknúmer: 18910
Starfsmenn: GÓF





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 32

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja *Verktaki:* Jarðboranir hf.
Hola: RN-10 *Bortæki:* Jötunn
Staðarnúmer: 18910 *Jarðfræðingur/mælingamenn:* GÓF/

Holuviðd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

58. *verkdagur*

Dýpi kl. 24 : 1848 m
Dýpi kl. 07 : 1873 m
Skoltap kl. 5:50: 17,8 l/s

Borun síðasta sólarhring: 55 m

Borverk

Borun gekk vel í allan gærdag, hægt og bitandi. Skoltap var nálægt 20 l/s allan daginn, um 23 l/s í mælingu kl 2 í nótt og tæpir 18 l/s í morgun. Álag var 12-15 tn og snúningur krónu svipaður, þar til á vaktaskiptunum í gærkvöldi að Bjarni borstjóri jók snúninginn talsvert og boruðust þá 4 m/klst í hálfgerðu dóleríti (grófkorna basalti). Svarfið varð hroðalega marið svo aukinn snúningshraði hafði greinilega áhrif, jók borhraðann en truflaði jarðfræðinginn í innskotapælingum svona rétt undir svefninn. Sama snúningshraða, um 70 sn /min var haldið í nótt og var meðalborhraði um 3,5 m/klst. Torch á krónu er um 180 amp.

Jarðlög og ummyndun

Jarðfræðingur sleppur líklega með veldisfallið í innskotalíkum sem minnst var á í gær, því nú er ég a.m.k. sjálfur búinn að tala fersklegt basaltinnskot í jarðlagastaflann frá 1812 m dýpi – og það með fulltingi Alberts sjálfs (án þess að hann verði dreginn til ábyrgðar). Dulkornótt basalt, sérlega þétt, en með nýrri gerð af smásprungum (kvars +/- annað) kemur inn á 1812 m og nær 10-12 m niður. Við jaðar þessa lags sést sérstök oxun sem við tengjum oft við innskotajaðra. Jaðarinn sjálfur er hins vegar ekki klipptur og skýr í svarfkornunum, heldur dálítið “crenular” sem mætti kannski þýða að líktist blöðruþangi, svo svarfkornin minna aðeins á hraunkargasvarf. Þunnsneiðaskoðun hjápar til við að skera úr svona túlkunaratriðum því innskotajöðrum fylgir oft ákveðin gerð ummyndunar djúpt í jarðhitakerfum. Fjölyrði ekki meir, en dulkorna basaltið virðist hins vegar vera yngra en grófkorna basalt neðan við, ef marka má kælikápu við grófa bergið. Það bendir því flest til að dulkorna basaltið sé innskot, hugsanlega lítið eitt hallandi gangur. Þéttleiki og kornastærð grófa basaltins undir vísar hins vegar líka til innskotabergs – svo jarðfræðingur er í vöndum málum að vera nýbúinn að tala um einhver veldisföll. Nú er eiginlega ekki annað eftir en að tala stóra skoltapið í holuna. Seint í gærkvöldi vorum við ekki komnir niður úr grófkorna basaltinu. Litur á skolvatni var dekkri í morgun en í gærkvöldi, sem bendir til nýrrar berggerðar, en eftir er að skoða afrakstur næturinnar.

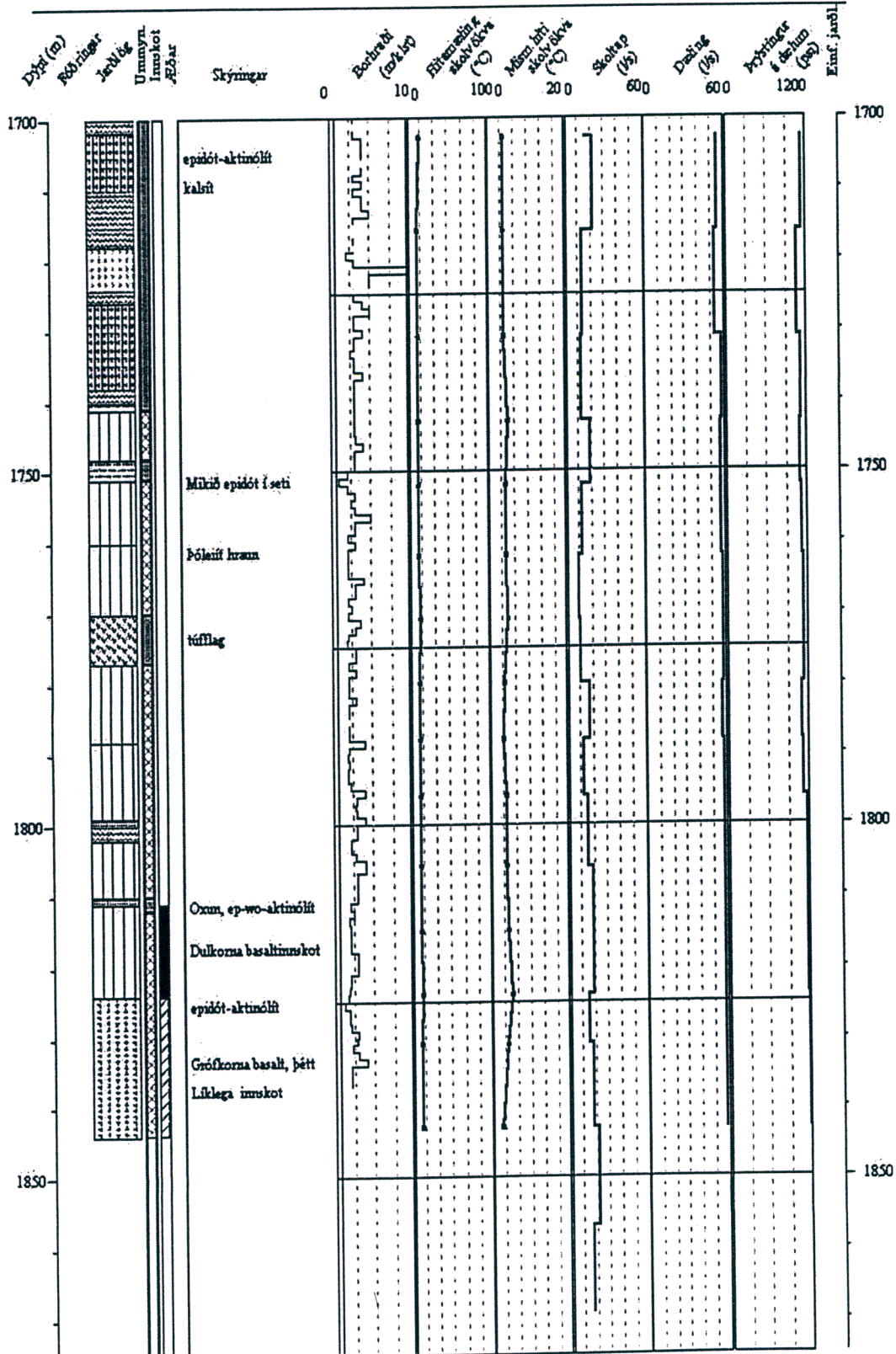


Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 701-2000

Skolvökvi: Vatn
Verkhluði: 3. áfangi

Verknúmer: 18910
Starfsmenn: GÓF





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 33

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja *Verktaki:* Jarðboranir hf.
Hola: RN-10 *Bortæki:* Jötunn
Staðarnúmer: 18910 *Jarðfræðingur/mælingamenn:* GÓF/

Holuviðd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

59. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 1923 m
Dýpi kl. 07 : 1948 m
Skoltap kl. 5:30: 30.9 l/s

Borun síðasta sólarhring: 75 m

Borverk

Borun gekk vel gær sem endranær og boruðust 75 m síðasta sólarhring. Skoltap var nálægt 20 l/s í gærmorgun en hékk svo öðru hvoru megin við 15 l/s til kvölds. Í nótt mældist svo 23.8 l/s tap kl 1:30 , og klukkutíma síðar – í 1931 m dýpi varð algjört skoltap (> 58 l/s) sem hélst í a.m.k. 1/2 tíma áður en svarf fór að koma upp aftur. Í mælingu kl 5:30 í morgun mældist tæplega 31 l/s.

Heimsmetið í holuafköstum kann að vera í höfn – og það er hrein sæla að vera fyrstur með fréttirnar – til hamingju með holuna ! – hún fær 10 !

Jarðlög og ummyndun

Í gær var fyrst borað í nokkur hraunlög og trúlega eitt innskot. Ummyndun jókst að magni til er leið á daginn, sem sýnir groppnara berg, og jafnframt nokkuð sprungið. Smáprungurnar eru hálfopnar, svipað og sést hefur víða upp alla holuna. Háhitasteindirnar aktínólít, andradít (granat) og wollastónít gefa hita vel yfir 300°C til kynna, og standa þær oft fríar upp af blöðru- eða sprunguvegg, ásamt kvasi, pýríti og epidóti, sem er algengasta steindin. Túfflag á 1900 m dýpi er ríkt af þessu steindasamfélagi. Nú fer að draga nær borlokum. Spurningin snýst kannki um hvort við fáum svarf upp úr holunni alveg til botns – sem er ágæt útaf fyrir sig. Holan er þegar orðin dýpsta holan á Reykjanesi og botnhitastig verður fróðlegt að sjá með tilliti til framtíðarnýtingar. Ætla má að hún taki við 40-50 l/s eftir að borun hættir, miðað við 35 l/s skoltap sem var eftir krónuskiptin. En við höldum í vonina um gott viðbótarskoltap allt til síðustu borstangar.

Jæja – þessi pistill að ofan var ritaður eftir miðnætti í gærköldi – STÓRA ÆÐIN er komin – á 1931 m dýpi og nú er verið að bora sokk. Holan er hins vegar svo kurteis í hegðun að hún heldur áfram að skila borsvarfi upp. Spurningin er hversu djúpan sokk við viljum – en aftur og enn – til HAMINGJU með holuna ! Og svo verður meira um æðina í næstu dagskýrslu.

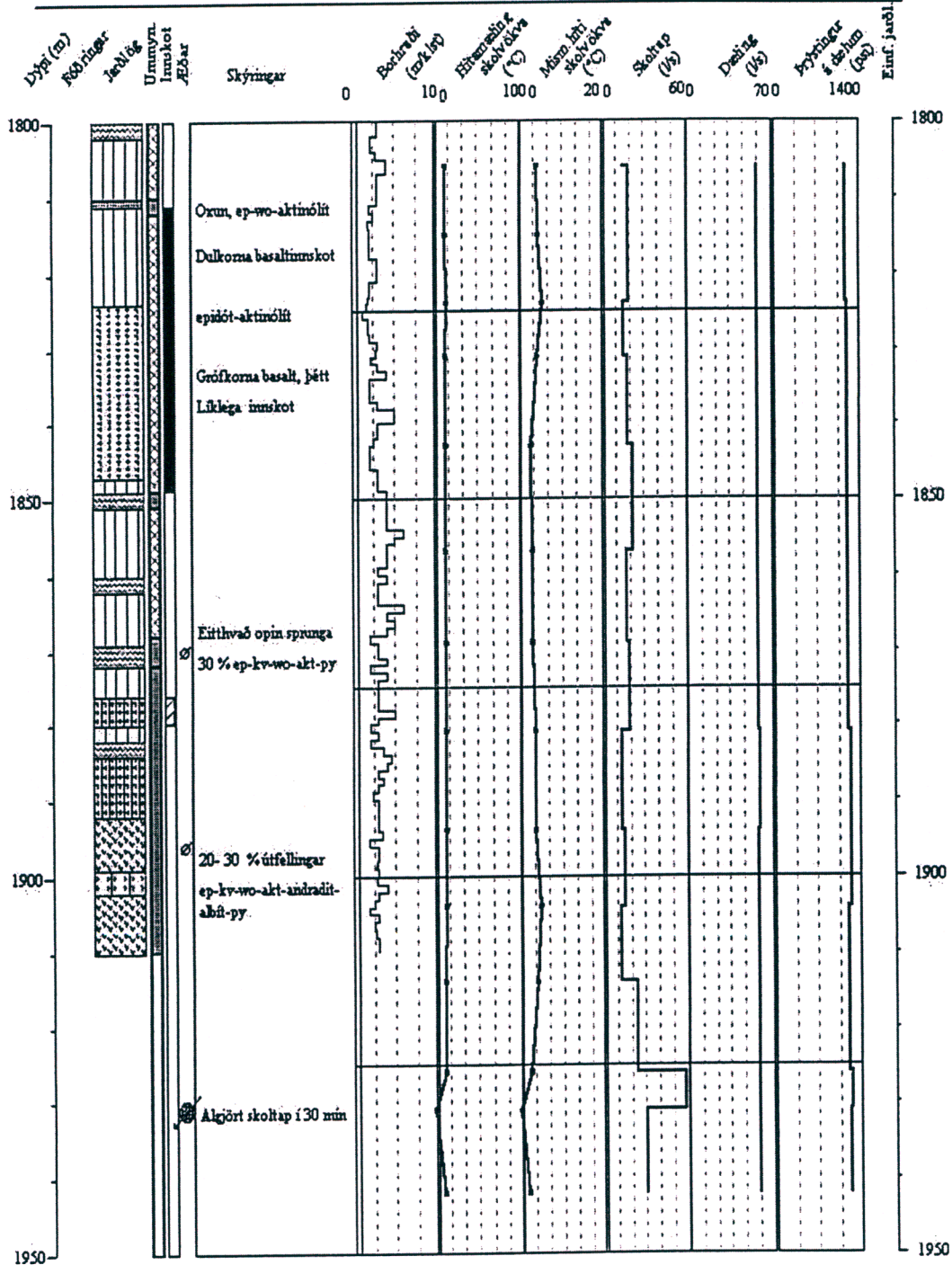


Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 701-2000

Skolvökví: Vatn
Ferklutí: 3. áfangi

Verknúmer: 18910
Starfsmenn: GÓF





BORVAKT Á REYKJANESI,
RN-10 DAGSKÝRSLA # 34

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja *Verktaki:* Jarðboranir hf.
Hola: RN-10 *Bortæki:* Jötunn
Staðarnúmer: 18910 *Jarðfræðingur/mælingamenn:* GÓF-HF/

Holuvídd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

60. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 2006 m
Dýpi kl. 08 : 2034 m
Skoltap kl. 5:30: c. 58 l/s

Borun síðasta sólarhring: 83 m

Borverk

Klukkan 11 að morgni var dýpi holunnar komið í 1143 m og var þá stöng bætt í. Skoltap hefur verið mjög breytilegt síðasta sólarhringinn. Skoltapið jókst úr tæpum 30 í tæpa 45 l/s í 1973 m dýpi, og í 1995 m jókst það í nær totalt tap (c.60 l/s). Skoltapið hefur síðan í nótt rokkað til og frá, stundum algert, en í annan tíma hefur það verið um 40 l/s. Svarfsýni hafa borist upp endrum og eins, og verður litið á þau síðar í dag.

Fylgst er með þrýstingi á dælum, til að kanna breytingar vatnsborði í holunni, en þar sem vatnsborð kemur upp eru litlar breytingar að sjá þar.

Jarðlög og ummyndun

Æðin sem skorin var í gær er svipuð þeim sem við höfum lýst að ofan. Greinilegt út frá epidótklösum sem vaxa í allar áttir, að epidótið vex út frá sprunguvegg eins og trjágrein inn í sprunguna. Kornin eru að vísu smá. Sömu steindir eru með epidótinu eins og áður, þ.e. kvars, wollastonít, aktinólít, granat, pýrít. Sumir kvarskristallarnir eru eins og "étur" á yfirborði, og aðrir húðaðir ljósbrúnni slíkju, sem kann að vera að segja okkur eitthvað um hita og samsetningu jarðhitavökvans, en það verður skoðað aðeins nánar. Við mjög háan hita hvarfast kvars við jarðhitavökva og fellir út andradit (granat) og aktinólít. Ég veit ekki nákvæmlega hitastig á þeim efnahvöfum, en veit að þau gerast frekar við hærri hita en lægri ofan 300°C. Hér er hins vegar best að gefa sér einhvert hitabil – t.d 340°C +/- 30°C – svo það bætir litlu við fyrirliggjandi hitamat, þó hugsunin sé sett á blað hér. Hinn möguleikinn er að kvarskristallarnir hafi verið að vaxa í nótt við yfir 300°C hita, þegar ísköld vatnsbuna og borkróna raskaði umhverfinu hastarlega, með ofangreindri afleiðingu. Mest af kvarnálunum sem sjást er hins vegar tærar og fallegar.

Æðin, eða öllu heldur skoltapið í fyrrinótt á 1931 m dýpi, kom fram í hraunlagastafla. Engin sérstök merki um að innskot hafi verið skorið sáust í svarfinu. Túlkunin er því einfaldlega sú að heldur opnari og stærri sprunga hafi verið skorin á 1231 m dýpi, en svipaðrar gerðar og smáprungurnar sem lýst hefur verið ofar í holunni.

Svarf var hefur verið skoðað niður í 1970 m. Ummyndun er þrælmikil og svipuð og ofar. Í sýninu frá 1968 m dýpi komu upp heilmikið af wollastonít-ull, svona rétt eins og snjóflyksur. Ég tók sýnið af tilviljun sjálfur og hélt að snjóflyksur væru á hristisigtinu – enda skafrenningur mikill í veðrinu í gær. Magnið bendir til að wollastonít-sprungu hafi verið skorin, og það sæmilega sver. Ferskleiki ullarinar bendir til að wollastónítið sé í jafnvægi við jarðhitavökvann þarna niðri – sem er í ágætu samræmi við mat á yngstu steindunum ofar í holunni.

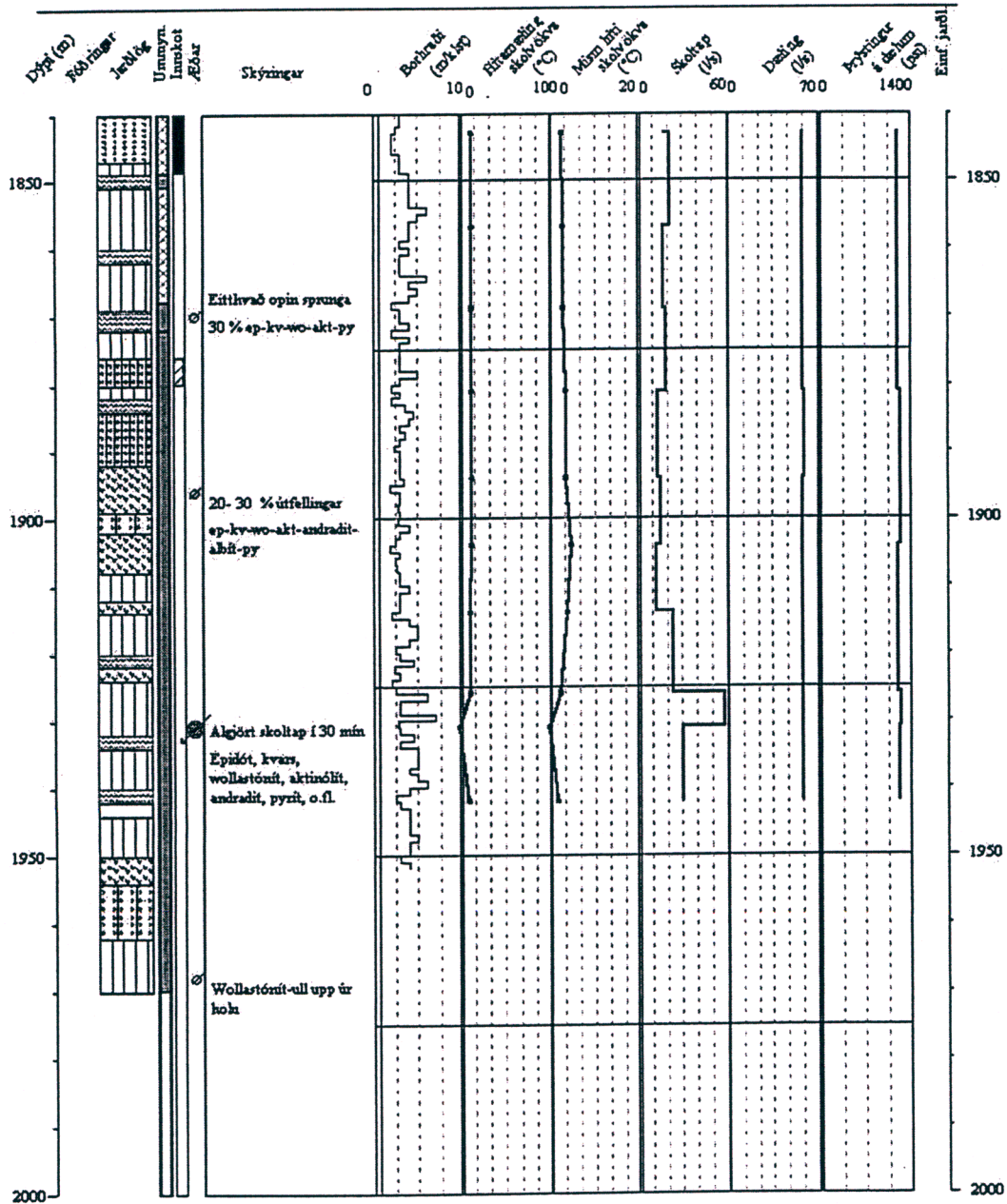


Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbí: 701-2000'

Skolvökvi: Vatn
Yerkhluti: 3. áfangi

Verknúmer: 13910
Starfsmenn: GÓF





BORVAKT Á REYKJANESI, RN-10 DAGSKÝRSLA # 35

Verkkaupi: Hitaveita Suðurnesja *Verktaki:* Jarðboranir hf.
Hola: RN-10 *Bortæki:* Jötunn
Staðarnúmer: 18910 *Jarðfræðingur/mælingamenn:* GÓF-HF/

Holuviðd: 12 1/4"
Dýpi síðustu fóðringar: 691,14 m (frá flangs)
Skolvökvi: Vatn

61. verkdagur

Dýpi kl. 24 : 2054 m
Skoltap kl. 18: > 60 l/s

Borun síðasta sólarhring: 48 m

Borverk

Borun lauk um klukkan 15 í gærdag, og var endanlegt dýpi holunnar 2054 m. Skoltap var mjög breytilegt, eða frá um 35 upp í algert skoltap um 60 l/s. Á meðfylgjandi jarðlagamynd er skoltapið sýnt og virðist sem mesta aukningin verði á um 1926 m dýpi og svo virðist það aukast á ný neðan um 1960 m. Svarf barst upp við og við, eins og sést á gloppóttu jarðlagasniði, og var það mjög finlegt og ekki auðvelt í greinigu.

Að borun lokinni var hrigdælt í rúmar 2 klukkustundir, síðan var brotnar út 3 stengur, og var endi borstrengs í um 2014 m dýpi. Mælingamenn mættu til leiks eftir hringdælinguna og hitamældu í stöngum. Síðan voru gerðar tvær hallamælingar í neðsta hluta holunnar, þar sem þeim hafði verið slegið á frest á meðan borun stóð. Upptekt borstrengs hófst svo klukkan 23 og voru brotnar út stengur. Þegar kom að því að taka upp í mastur var skollið á það mikið rok hætta varð við það. Nú klukkan 9 er enn beðið eftir að veður lægi.

Jarðlög og ummyndun

Borsvarf neðan 1970 m dýpis er mjög smágerð og ekki auðvelt að greina það nákvæmlega til jarðlaga. Gloppur eru í svarfheimtu vegna algers skoltaps. Svo virðist sem jarðlagastaflinn sé að mestu úr móbergsbreksíum. Ummyndun er enn mikil, epidótið, wollastónit, kvars, ásamt lítillræði af pýríti eru einkennandi, en einnig sést amfiból á stangli.

Borholumælingar

Mælingamenn mættu á staðinn klukkan um 16 í gærdag. Hitamælt var í stöngum. Er hitamælingin sýnd á mynd 2. Þar sést að áberandi kælipunktur byrjar á um 1930 m dýpi og nær hámarki á um 1960 m dýpi. Mögulega er að smærri kælipunktur sé neðan 2014 m dýpis, en mælir náði ekki svo djúpt. Einhverjar óreglur eru í hitamælingunni ofar í holunni sem benda til vatnsæða á um 740 m (innrennsli inn í holuna), og síðan líklega á um 1340 m, 1580 m og 1680 m dýpi. Frekar verður fjallað um vatnsæðar þegar fleiri hitamælingar bætast í hópinn. Upphitunarmæling var gerð í 2000 m dýpi í 50 mínútur og er hún sýnd á mynd 3. Holan hitnaði um 5°C á þessum tíma, sem bendir til að ádælingin (25 l/s) fari út úr holunni ofan þess dýpis.

Gerðar voru 2 hallamælingar, í 1750 m reyndist hallinn vera 2° og í 2000 m var hallinn 2,5° frá lóðréttu. Mælingum lauk klukkan 23:20.



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Borgögn RN-10 Reykjanes

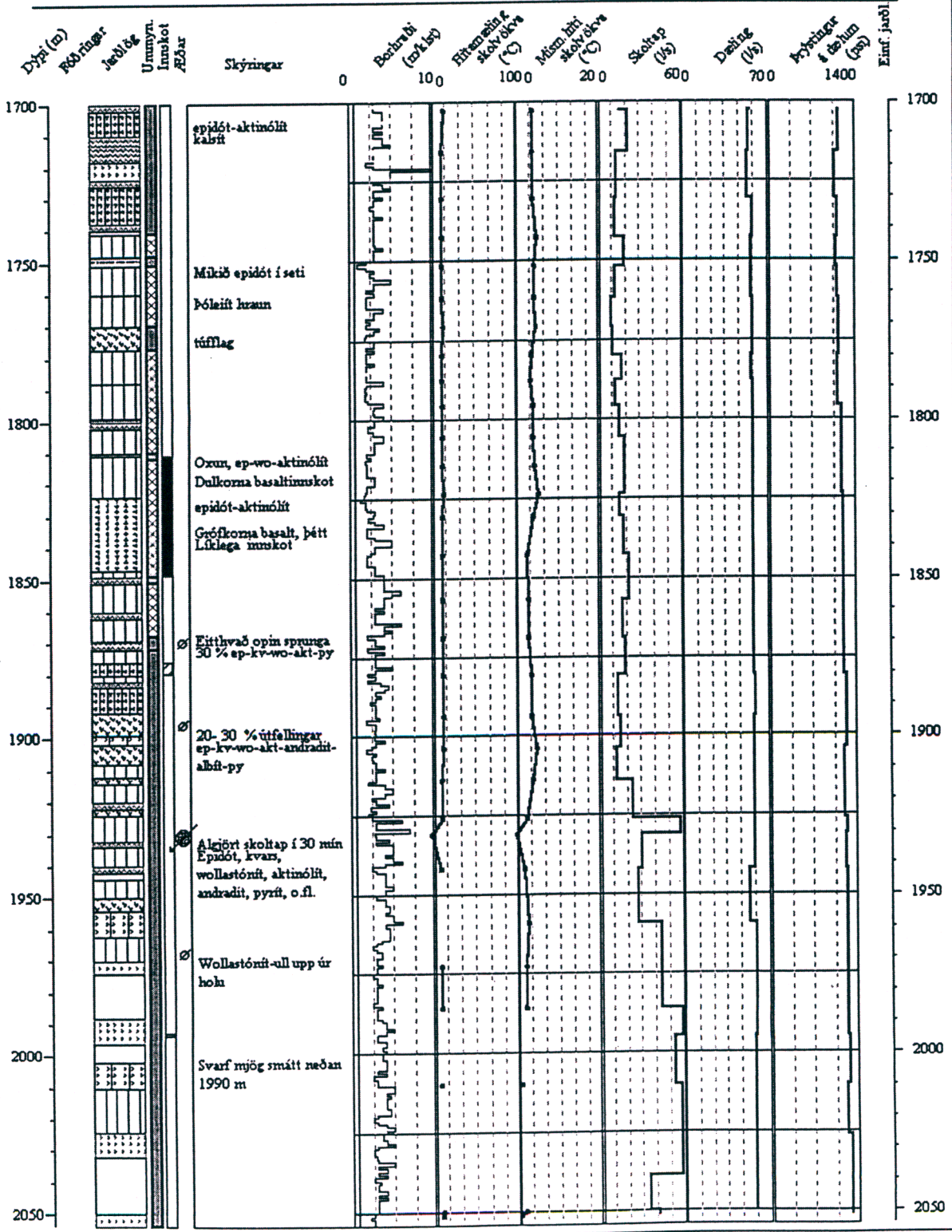
21.2.1999

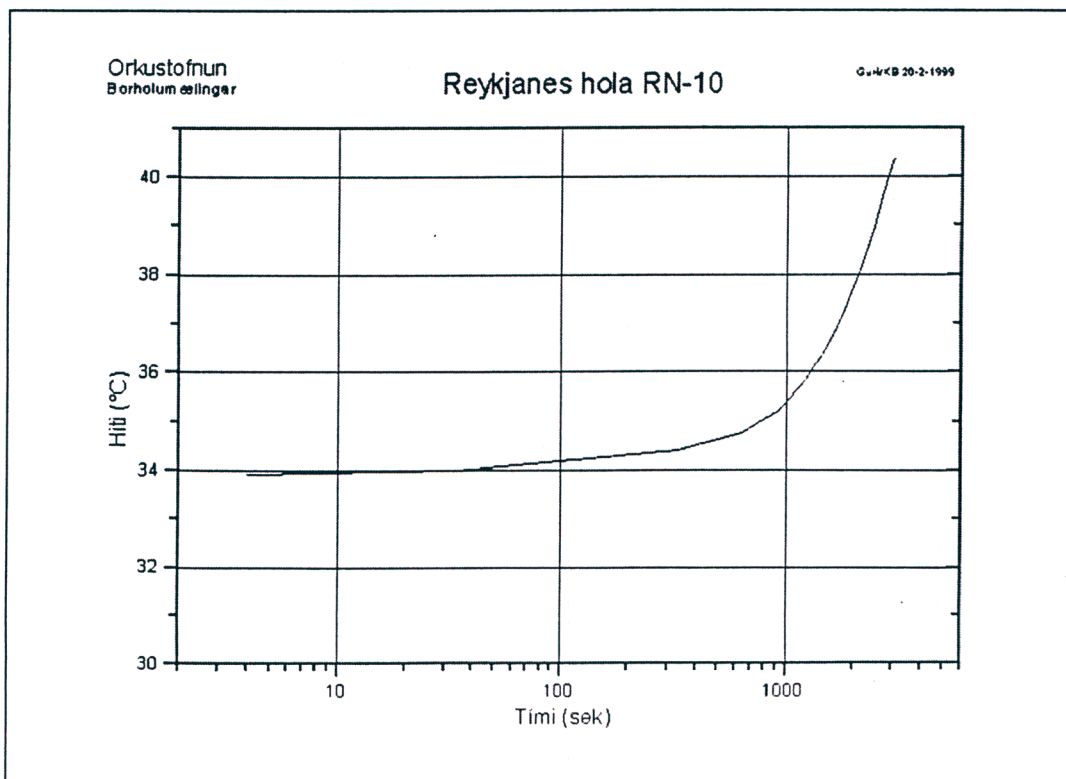
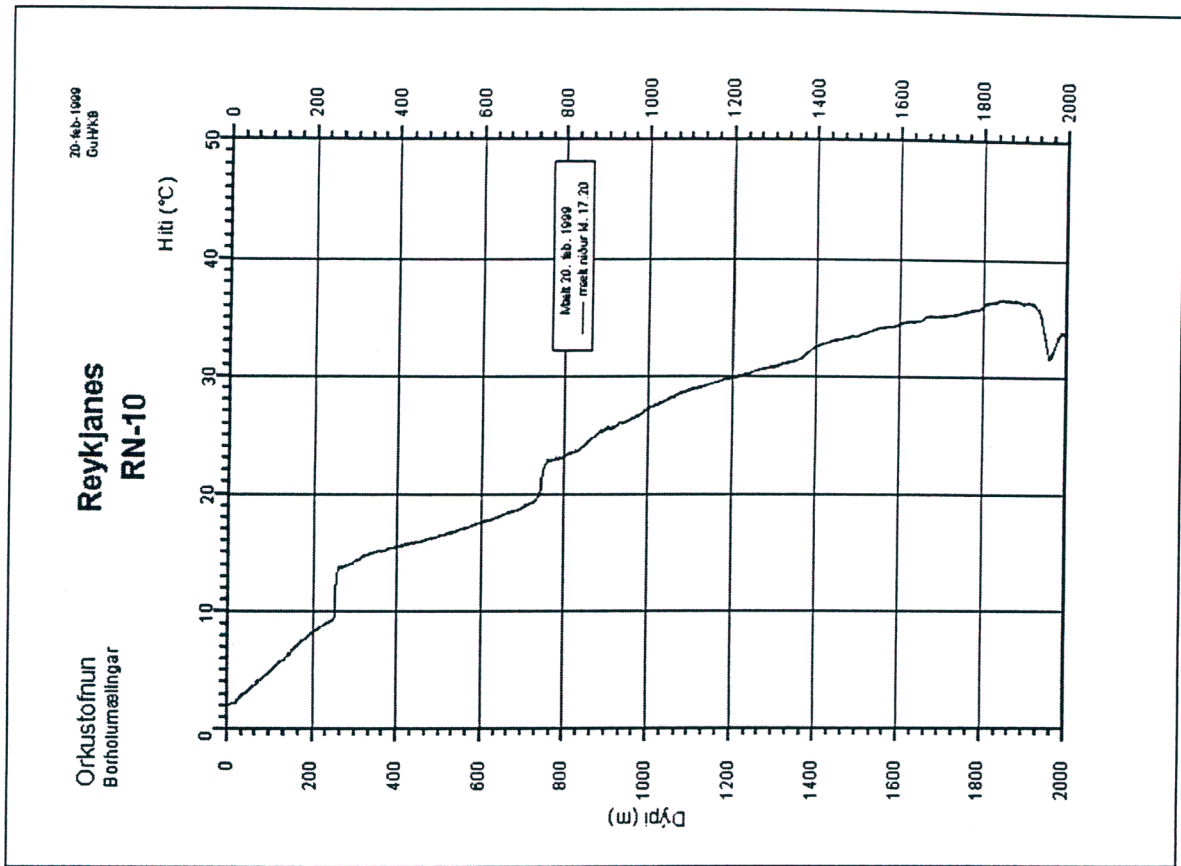
Staður: Reykjanes
Holunafn: RN-10

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 701-2054

Skolvökvi: Vatn
Verkhliuti: 3. áfangi

Verknúmer: 18910
Starfsmenn: HF-GÓF





VIÐAUKI 2. JARÐFRÆÐIGÖGN

Listi yfir þunnsneiðarsýni (dýpi)

Númer	Dýpi (m)	Númer	Dýpi (m)
16936	26	16965	1412
16937	94	16966	1478
16938	156	16967	1546
16939	204	16968	1586
16940	236	16969	1606
16941	274	16970	1626
16942	320	16971	1678
16943	378	16972	1750
16944	420	16973	1812
16945	458	16974	1824
16946	506	16975	1874
16947	546	16976	1898
16948	594	16977	1938
16949	676	16978	2054
16950	712	16979	700–800
16951	740	16980	800–900
16952	780	16981	900–1000
16953	822	16982	1000–1100
16954	840	16983	1100–1200
16955	908	16984	1200–1300
16956	944	16985	1300–1400
16957	984	16986	1400–1500
16958	1074	16987	1500–1600
16959	1102	16988	1600–1700
16960	1146	16989	1700–1800
16961	1192	16990	1800–1900
16962	1250	16991	1900–2000
16963	1306		
16964	1328		

Tafla. yfir sýni (dýpi) sem greind voru í röntgen

LEIRGREININGAR

28	508	880	1304
92	544	906	1330
156	610	942	1412
206	674	982	1474
234	710	1072	1548
304	738	1100	1670
320	778	1144	1810
418	830	1190	1934
456	838	1248	2030

Tafla. Röntgengreiningar á útfellingum

Niðurstöður xrd-greininga á sýnum úr RN-10 Greiningar gerðar af Sigurði Sveini Jónssyni.

Dýpi	Skrá	Stutt lýsing á sýni	Niðurstaða
94 m	32150.raw		Anhýdrít
94 m	32151.raw		Anhýdrít
100 m	32163.raw		Sanidín/(?K-spar)
112 m	32162.raw		Clínoptilólít/heulandít
280 m	32201.raw		Kalsít
280 m	32808.raw		Kalsít
302 m	32200.raw		Ágít /(?px)
302 m	32202.raw		Kalsít + px
338 m A	32203.raw		Kalsít
338 m B	32204.raw		Analsím + cc
340 m	32768.raw	Hvít, einsleitt, saccaroidal.	Anhydrít
354 m	32205.raw		Reyerít + tobermorít
360 m	32769.raw	Glær stór "díll" ? hvít húð	Analsím
390 m	32206.raw		Kalsít + anhýdrít
402 m	32207.raw		Mordenít
696m	32218.raw		Prehnít + plag.
696 m	32770.raw	Hvítur einsleitur moli	Ca-albít.
1312 m	32809.raw	rauðoxaður moli	Kvars, hematít, klórít
1526 m	32810.raw	Transparent, ZnS,	Spalerít, kvars, epidót
1556 m	32811.raw	tágakennt klórít, dökkt	Klórít
1586 m	32812.raw	tágakennt, en ljósara en 1614 m	Amfiból (ferroact.), epidót
1614 m	32813.raw	Actinólít	Amfiból (actínólít).
1674 m	32814.raw	"Albít" og epidót.	Albít
1930 m	32815.raw	Sérkennileg kleyfni, tær xtall.	Anhýdrít

VIÐAUKI 3. Yfirlit um borholumælingar í 1.–3. áfanga borunar RN-10.

Dagsetnin	Klukkan	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Skrá	Athugasemdir
14-01-99	11:10-11:20	Hiti	0-248	Upphitun	H0114111	Í streng eftir 2ja tíma skolun
14-01-99	11:20-12:00	Hiti	246	Upphitun	T0114112	
14-01-99	12:00-12:15	Hiti	246-0	Upphitun	H0114120	Mælt upp
14-01-99	18:25-18:40	Hiti	25-256	Upphitun, æðar	H0114182	Eftir upptekt
14-01-99	19:00-19:15	XY-vídd	250-0	Holuvídd	X/Y0114190	Skápar milli 70-110 m dýpis
14-01-99	19:55-20:25	Nifteindir	250-0	Jarðlög	N0114195	
14-01-99	19:55-20:25	Gamma	250-0	Jarðlög	G0114195	
14-01-99	21:05-21:15	Viðnám	250-60	Jarðlög	S/L0114210	16" og 64" skautabil
14-01-99	21:25-21:40	Hiti	20-255	Upphitun, æðar	H0114212	
19-01-99	02:10-02:20	Hiti	25-235	Upphitun	H0119020	
19-01-99	05:10-05:25	CBL	225-10	Steypugæði	B0119051	Tæpum 40 t. e. steypingu
27-01-99	01:30-02:00	Hiti	0-675	Upphitun	H0127013	Mælt niður í streng
27-01-99	02:00-03:00	Hiti	675	Upphitun	T0127020	Tímamæling
27-01-99	03:00-03:30	Hiti	675-0	Upphitun	H0127030	Mælt upp í streng
27-01-99	15:30-16:15	Hiti	20-533	Upphitun	H0127154	Eftir upptekt. Sest í 533 m
27-01-99	16:50-18:30	XY-vídd	0-680	Holuvídd	X/Y0127165	Þrenging í 520-540 m dýpi
27-01-99	18:30-20:30	Nifteindir	240-520	Jarðlög	N0127193	Sest í 530 m
27-01-99	18:30-20:30	Gamma	240-520	Jarðlög	G0127193	Sest í 530
27-01-99	20:30-22:00	Viðnám	280-530	Jarðlög	S/L0127212	16" og 64" skautabil
27-01-99	22:00-22:50	XY-vídd	250-620	Holuvídd	X/Y0127220	Þrenging óbreytt
27-01-99	22:50-23:40	Hiti	30-520	Upphitun	H0127225	Sest í 520 m
28-01-99	12:00-13:30	Hiti	20-690	Upphitun	H0128120	Eftir hreinsun
28-01-99	13:40-14:30	Nifteindir	300-650	Jarðlög	N0128134	Ekki mælt dýpra vegna hita
28-01-99	13:40-14:30	Gamma	300-650	Jarðlög	G0128124	GM-nemi datt út vegna hita
28-01-99	14:30-15:15	XY-vídd	0-690	Holuvídd	X/Y0128143	Þrenging nánast horfin
30-01-99	23:10-23:55	Hiti	30-670	Upphitun	H0119020	Um 11 tímum e. steypingu
31-01-99	00:05-00:35	CBL	20-660	Steypugæði	B0119051	Um 12 tímum e. steypingu
31-01-99	00:35-01:24	CBL	660-5	Steypugæði	B0131003	Um 13 tímum e. steypingu
14-02-99	17:30-19:00	Hiti	20-1651	Upphitun	h0214173	Mælt vegna krónuskipta
20-02-99	17:20-18:30	Hiti	20-2000	Upphitun	h0220172	Mælt í stöngum
20-02-99	18:30-19:25	Hiti	2000	Upphitun	t0220183	Mælt í stöngum
20-02-99	19:30-20:20	Hiti	2000-695	Upphitun	h0220193	Mælt í stöngum
20-02-99	20:30-23:20	Halli/stefna	1750-2000	Holustefna		Mælt í stöngum
21-02-99	22:15-24:00	Hiti	10-2040	Upphitun	h0221221	Eftir upptekt
22-02-99	00:30-02:00	XY-vídd	2035-3	Holuvídd	x/y0222003	
22-02-99	02:50-06:00	Nifteindir	2040-600	Jarðlög	n0222025	
22-02-99	02:50-06:00	Gamma	2040-600	Jarðlög	g0222025	
22-02-99	07:00-08:00	Viðnám	2040-680	Jarðlög	s/l0222070	16" og 64" skautabil
22-02-99	08:35-10:20	Þrýstingur	1900	Þrepaprófun	p0222083	Q: 30 í 58 l/s
22-02-99	10:25-12:40	Þrýstingur	1900	Þrepaprófun	p0222102	Q: 58 í 30 l/s
22-02-99	13.10-13:40	XY-vídd	300-3	Holuvídd	x/y0222131	
26-02-99	15:40-16:10	Hiti	0-620	Upphitun	h2602154	e. 30 tíma upphitun
26-02-99	17:00-19:30	Hiti	600-2030	Upphitun		e. 30 tíma upphitun
03-03-99	13:30-14:00	Þrýstingur	200-700	Vatnsborð	p0303133	vb ~ 245 m
03-03-99	14:30-15:30	Hiti	200-2030	Æðar	h0303143	
03-03-99	15:40-19:05	Þrýstingur	2000	Þrepaprófun	p0303154	Q: 25 í 40 l/s
03-03-99	19:05-22:10	Þrýstingur	2000	Þrepaprófun	p0303190	Q: 40 í 64 l/s
03-03-99	22:10-01:20	Þrýstingur	2000	Þrepaprófun	p0303221	Q: 64 í 25 l/s
04-03-99	01:20-02:05	Hiti	2000-650	Æðar	h0304012	
04-03-99	02:05-02:30	Þrýstingur	650-170	Vatnsborð	p0304020	vb ~ 210 m

